ekoloji kitaplığı

bitki zekası

stefano mancuso
alessandra viola

türkçesi: almıla çiftçi



Yeni İnsan Yayınevi
Ekoloji Serisi

Stefano Mancuso

Floransa, İtalya'daki Uluslararası Bitki Nörobiyolojisi Laboratuarının (LINV) yöneticisi, Uluslararası Bitki Sinyalizasyon ve Davranış Topluluğu'nun kurucusu ve Floransa Üniversitesinde profesördür. En son projesi, Jellyfish Barge, güneş enerjisiyle deniz suyu tuzunu gidererek bitkilerin yetiştirildiği modüler bir yüzen sera, 2015 Milan'daki Evrensel Expo'da yer almıştır. Mancuso'nun kitapları ve yayınları sayısız uluslararası dergi ve yayında yayınlanmıştır ve La Repubblica gazetesi onu hayatlarımızı değiştirecek yirmi kişi arasında göstermiştir.

Alessandra Viola

Bilimsel gazeteci, belgesel yazarı ve televizyon senaryo yazarıdır. 2011'de Genova Bilim Festivalini yönetmiştir.

Almıla Çiftçi

Almıla Çiftçi 1987 yılında İstanbul'da doğdu. 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Biyoloji bölümüne girdi ve 2009'da mezun olduktan sonra aynı yıl bitki sistematiği üzerine yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans öğrenimi sırasında 6 ay Almanya'da Justus Liebig Üniversitesi sistematik botanik çalışma grubu ile arazi ve laboratuvar çalışmalarına katıldı. Türkiye'deki _Plantago_ bitkileriyle yaptığı yüksek lisans çalışması Bonn kongresinde bildiri olarak yayınlandı. Yarı zamanlı olarak 7-14 yaş arası çocuklara fen bilimleri deneyleri ve model uçak yapımı atölyelerinde eğitmenlik yaptı. 2012 yılında yine İstanbul Üniversitesi'nde bitki sistematiği alanında doktora öğrenimine başladı. Almanya IPK enstitüsüne yardımcı araştırmacı olarak davet edildi ve 6 hafta oradaki çalışmalarda yer aldı. Türkiye'deki ve dünyadaki 14 herbaryum ve 8 botanik bahçesinde incelemeler yaptı. Türkiye'nin 26 ilinde arazi çalışmaları gerçekleştirdi. Arazi çalışmalarında alpin türlere ulaşabilmek için dağcılık eğitimleri aldı. 2014'ten beri İstanbul Üniversitesi Botanik Ana Bilim Dalında Araştırma görevlisi olarak çalışıyor.

BİTKİ ZEKASI

Bitki Zekasının Şaşırtıcı Tarihi ve Bilimi

Stefano Mancuso & Alessandra Viola

Yeni İnsan Yayınevi – 128
Ekoloji Serisi – 37
Bitki Zekası
Stefano Mancuso, Alessandra Viola
Orijinal adı: Verde Brillante
Kitabın Türkçe telif hakları Kalem Ajans'tan alınmıştır, katkılarından dolayı teşekkür ederiz.
Türkçe'de I. Baskı: Mart 2017
ISBN: 978-975-2498-04-4
Genel Yayın Yönetmeni: Aytaç Timur
Çevirmen: Almıla Çiftçi
Editör: Aytaç Timur
Düzelti: Çisel Cengiz
Dizgi: Nermin Uzun
Kapak Tasarımı: Hüseyin Varış
Sertifika No: 12186

Baskı: Pasifik Ofset Cihangir Mah. Güvercin Cad. Baha İş Merkezi A Blok No:3/1 Kat:2 Avcılar İstanbul 0212 412 17 77
Matbaa Sertifika No: 12027

Altıntepe mah. Galipbey Caddesi, Özüdoğru Sok. No: 44/1B
Küçükyalı İstanbul
Tel: (0 216) 489 84 08 Fax: (0 216) 518 23 60
www.yeniinsanyayinevi.com
yeniinsanyayinevi@gmail.com
newhumanpublisher@yahoo.com
facebook/yeniinsanyayinevi
twitter.com/yeninsanyayin
instagram/yeniinsanyayinevi

BİTKİ ZEKASI

Bitki Zekasının Şaşırtıcı Tarihi ve Bilimi

YENİ İNSAN
yayınevi

İçindekiler

ÖNSÖZ

Bitkiler hakkında düşünme zahmetine giren çoğu insan, onları dünyamızın sessiz, hareketsiz mobilyaları, yeterince faydalı ve genellikle çekici, ancak Dünya üzerindeki yaşam cumhuriyetinin tartışmasız ikinci sınıf vatandaşları olarak görme eğilimindedir. Egomuzun yüksek çitlerinin üzerinden atlayarak yalnızca bitkilere olan su katılmaz bağımlılığımızı değil, aynı zamanda göründüklerinden daha az pasif olduklarını ve aslında kendi yaşamlarının ve bizimkilerin kurnaz elebaşları olduklarını itiraf etmek bir algı sıçraması gerektirir.

Yeşilin Zekası size o çitin üzerinde kuvvetli bir itici güç verecek ve sizi her şeyin aniden –kendimiz de dahil- tamamen farklı göründüğü bir yere indirecek. Muhtemelen bunun sadece insan kibri olduğuna ikna olmuş olarak ayrılacak ve bizi onların zekasını – evet, zekasını – takdir etmekten alıkoyan şeyin, bitkilerin hayatlarının göz önüne serilmesinin çok daha yavaş bir zaman boyutu anlamına geldiği gerçeği olduğunu ve bunun neticesinde hayat oyunundaki eşi benzeri olmayan başarılarının, bizim başarımızı gölgede bıraktığını göreceksiniz. Bitkiler tüm karasal ortamlarda baskındırlar, Dünya üzerindeki biyokütlenin yüzde doksan dokuzunu oluştururlar. Tümüyle karşılaştırıldığında insanlar ve diğer tüm hayvanlar, bu zeka uyandıran kitabın deyimiyle, yalnızca bir zerredir.

Bitkiler, meşhur "Bitkileri organize canlılar ölçeğine yüceltmek beni her zaman memnun etmiştir" sözünü yazan Charles Darwin"den bu yana en etkili konuşan ya da en coşkulu insan yandaşlarını Stefano Mancuso"da buldular. Stefano Mancuso, görece yeni ve halen az çok tartışmalı olan "bitki zekası" alanında öncülük eden bir araştırmacı – bir bitki fizyoloğu. Bu terim taraflı olduğu ya da sadece çok abartılı olduğundan pek çok bilim insanını karşı karşıya getiriyor ancak zekayı çok basitçe, hayatın getirdiği sorunları çözme kapasitesi olarak tanımladığınız anda bitkilerin böyle bir yeteneği olmadığını iddia etmek imkansız hale geliyor. Bizler, zeka – ve öğrenme ve hafıza ve iletişim – gibi terimleri hayvan tekelinde kıskançlıkla savunuyoruz ancak Yeşilin Zekası tüm bu özellikleri artık paylaşmak zorunda olduğumuzu ikna edici bir şekilde ortaya koyuyor.

Ben Stefano Mancuso ile ilk kez 2013"te New Yorker için bitki zekası üzerine bir makaleyi araştırırken, Floransa Üniversitesi"nde, kışkırtıcı şekilde Uluslararası Bitki Nörobiyolojisi Laboratuarı adı verilmiş kendi laboratuarında tanıştım. Benimle, insanların bitki yaşamının gerçeklerini algılamaktaki başarısızlığına olan inancının gençliğinde okuduğunu hatırladığı bir bilim kurgu hikayeden kaynaklandığını paylaştı. Büyük ölçüde hızlandırılmış bir zaman boyutunda yaşayan bir uzaylı ırkı Dünyaya geliyor ve insanlarda herhangi bir hareket tespit edemediklerinden mantıklı bir biçimde bizim, istediklerini yapabilecekleri "durağan materyal"ler olduğumuz sonucuna varıyorlar. Uzaylılar bizden insafsızca faydalanmaya başlıyorlar. (Mancuso sonradan hikayenin aslında "Wink of an Eye" isimli ilk Star Trek bölümlerinden birinin az çok parçalanmış anısı olduğunu hatırladı; internette bulunması kolay ve izlenmeye değer bir bölüm.)

Deneyimlediği bu algı sıçraması – ona bitkilerin bakış açısından bizi gösteren; hızlı, pervasız ve kibirli – Mancuso"nun bilimsel araştırmasına ve şimdi bilim yazarı Alessandro Viola ile bu müthiş işbirliği için ilham vermiş. Ancak Yeşilin Zekası kesinlikle bir bilim kurgu işi değil – tüm iddialarının arkasında onları destekleyecek kaliteli bilim var –, en iyi bilimin olması gerektiği gibi

güçlü bir hayal gücünün ürünü; dünyayı tamamen yeni ve engelsiz bir bakış açısıyla görme – ve bu bakış açısını bizlere ulaştırma – yeteneğine sahip bir hayal gücünün. Bu yüzden, birkaç saatliğine alışık olduğunuz insan merkezciliğinizi bir kenara bırakın ve bu diğer, daha zengin ve daha muhteşem dünyaya adım atın. Pişman olmayacaksınız ve bu dünyadan asla eskisi gibi çıkamayacaksınız.

Michael Pollan



GİRİŞ

Bitkiler akıllı mıdır? Sorunları çözebilir ve çevreleriyle – diğer bitkiler, böcekler ve gelişmiş hayvanlarla iletişim kurabilirler mi? Yoksa bireysel ya da sosyal davranış belirtilerinden yoksun pasif ve hissedemeyen organizmalar mıdır?

Benzer sorulara verilmiş farklı cevaplar, karşıt görüşlere sahip düşünce okullarından gelen filozofların bitkilerin "ruh"a sahip olduğu yönünde ya da bunun tersi savları tartıştığı zamanlardaki antik Yunan'a dek uzanır. Onları bu fikre iten neydi? Hepsinden öte, yüzyıllar süren bilimsel keşiflerden sonra neden hala bitkilerin akıllı olup olmadığına dair bir anlaşmazlık içerisindeyiz? Şaşırtıcı bir şekilde, bugün öne sürülen noktaların çoğu yüzyıllar önce öne sürülenlerin aynısı ve yine bilim üzerine değil, binlerce yıldır var olan duygusallık ve kültürel önyargılar üzerine.

Bitkilerin iletişim kurabilen, sosyal yaşantıya sahip, zarif stratejiler kullanarak sorunları çözen – yani akıllı olan – duyarlı organizmalar olduğu fikri, sıradan gözlemler bitki dünyasının karmaşıklık düzeyinin oldukça düşük olduğunu öne sürebiliyor olsa da, yüzyıllar içinde zaman zaman kendini göstermiştir. Farklı zamanlarda ve kültürel şartlardaki filozoflar ve bilim insanları (en tanınmış olanların bazılarını anacak olursak Demokritus'tan Platon'a, Linne'den Darwin'e, Fechner'den Bose'ye) bitkilerin genel

olarak gözlemlenebilenden çok daha karmaşık becerilere sahip oldukları inancını benimsemişlerdir.

Yirminci yüzyılın ortalarına kadar bunlar yalnızca akıllıca önsezilerdi. Ancak geçtiğimiz son elli yıl bu konuya ışık tuttu ve şimdi bizi bitki dünyasına farklı gözlerle bakmaya zorluyor. İlk bölümde bunu açıklayacağız ve bitki zekasını inkar eden tartışmaların bugün bile bilimsel verilerden çok bin yıldır süregelen kültürel önyargılar ve etkilere dayandığını göreceğiz.

Zaman, düşünce şeklimizde bir değişim için uygun görünüyor. On yılların deneylerine dayanarak bitkiler, hesaplama ve seçim yapma, öğrenme ve hafıza becerilerine sahip varlıklar olarak ele alınmaya başlandı. Birkaç yıl önce İsviçre, çok daha az mantıksal polemikler arasında, özel bir beyanname ile bitkilerin haklarını tasdik eden, dünyadaki ilk ülke oldu.

Fakat bitkiler gerçekten nedir ve nasıl oldukları hale gelmişlerdir? Biz insanlar dünyada var olduğumuz günden beri onlarla birlikte yaşadık, yine de onları tanıdığımızı söyleyemiyoruz bile. Bu yalnızca bilimsel ya da kültürel bir sorun değil, çok daha derine inen bir sorun. Bitkilerle insanlar arasındaki ilişki çok zorlu, çünkü evrimsel yollarımız çok farklı.

Tüm hayvanlar gibi, insanlar da eşsiz organlarla donatılmıştır ve bu nedenle her insan bölünemez bir bütündür. Fakat bitkiler durağandır – bir yerden bir başkasına hareket edemezler – ve bu nedenle farklı bir yolda evrimleşmişlerdir; bireysel organlar olmaksızın, modüler bir beden oluşturarak. Bu tür bir "çözüm"ün sebebi çok açık: Eğer otçul bir yırtıcı, bitkinin başka bir kısmı tarafından görevi yerine getirilemeyecek bir organı yok ederse bu kaçınılmaz olarak bitkinin ölümüne yol açar.

Şimdiye kadar, bitkileri hayvan dünyasından ayıran bu temel fark bitkileri zeki varlıklar olarak anlamamızın ve kabul etmemizin önündeki ana engellerden biriydi. İkinci bölümde bu farkın nasıl meydana geldiğini açıklamaya çalışacağız. Tüm bitkilerin nasıl yırtıcılara karşın hayatta kalma yeteneğinin olduğunu ve hayvan ile bitkiyi ayıran şeyin en nihayetinde bölünebilirliği olduğunu: Bitkinin sayısız "komuta merkezi" ve internetten farkı

olmayan bir ağ ile donatılmış olduğunu göreceğiz. Bitkiyi anlamak giderek daha önemli hale geliyor. Dünya üzerinde var oluşumuza onlar olanak sağladılar (fotosentez aracılığıyla, hayvan hayatını mümkün kılan oksijeni oluşturarak) ve bugün hayatta kalmamız için hala onlara bağlıyız (besin zincirinin en alt basamağındalar). Onlar aynı zamanda uygarlığımızı binlerce yıldır ayakta tutan enerji kaynaklarımızın da kökenindeler (fosil yakıtlar). Dolayısıyla bitkiler, besinimiz, ilaçlarımız, enerji ve aletlerimiz için gerekli kıymetli "hammaddelerdir". Ve bizim de bilimsel ve teknolojik gelişmemiz için bitkilere giderek yükselen bir oranda bağımlılığımız artıyor.

Üçüncü bölümde, bitkilerin aslında insanların sahip olduğu, elbette her biri "bitki" tarzında gelişmiş fakat daha az gerçek olmayan beş duyuya da – görme, işitme, dokunma, tat alma, koku alma – sahip olduğunu göreceğiz. Peki, bu bakış açısından yola çıkarak bize benzediklerini söyleyebilir miyiz? Hiç de değil: çok daha hassaslar ve bizim beş duyumuzun yanında onlar en az on beş başka duyuya sahipler. Örneğin, yerçekimini, elektromanyetik alanları ve nemi hissedebilir ve hesaplayabilirler ve sayısız kimyasal değişimi analiz edebilirler.

Bu fikir bitkiler ile ilgili genel izlenimimiz ile uyuşmuyor olsa da toplumsal alanda bize daha çok benziyor olabilirler. Dördüncü bölümde bitkilerin duyularını, kendilerini dünyaya adapte etmek, diğer bitkisel organizmalarla, böceklerle ve hayvanlarla etkileşime girmek, kimyasal moleküller vasıtasıyla birbirleri ile iletişime geçmek ve bilgi alışverişi için nasıl kullandıklarını göreceğiz. Bitkiler birbirleriyle konuşur, akrabalarını tanır ve çeşitli karakter özellikleri sergiler. Hayvanlar aleminde olduğu gibi, bitkilerin dünyasında da bazıları fırsatçı, bazıları cömert, bazıları dürüst ve bazıları manipülatördür, kendilerine yardım edeni ödüllendirir ve zarar verenleri cezalandırırlar.

Öyleyse nasıl olur da akıllı olduklarını inkar ederiz? Soru terminolojiye indirgenmelidir ve *akıllı* kelimesini nasıl tanımlamayı seçtiğimize bağlıdır. Beşinci bölümde akıllı olmanın "problem çözme becerisi" olarak tanımlanabileceğini ve bu tanımlama ile

bitkilerin sadece akıllı değil, aynı zamanda varlıkları ile ilgili sorunları çözmede son derece zeki olduklarını da göreceğiz. Her şeyden önce bizimki gibi bir beyinleri yok, ancak dış kaynaklı streslere uyarlanabilir cevaplar verme yetenekleri var ve bir bitki için bu kelimeyi kullanmak tuhaf görünebilirse de, ne olduklarının ve çevrelerinin "farkındalar".

Sağlam, ölçülebilir bilimsel bilgilere dayanarak bitkilerin sanıldıklarından çok daha gelişmiş organizmalar olduklarını ilk kez ileri süren Charles Darwin'di. Bugün, neredeyse bir buçuk yüzyıl sonra, inandırıcı bir çalışmalar bütünü, üst düzey bitkilerin gerçekten de "zeki" olduğunu gösteriyor: Çevrelerinden sinyaller alabilen, bilgiyi işleyen ve kendi hayatta kalışlarına uyarlanan çözümler planlama becerisinde. Dahası, birey olarak değil, toplum olarak davranmalarını sağlayan bir tür "sürü zekası" sergiliyorlar; bir karınca kolonisinde, büyük balık sürülerinde ya da kuş sürülerinde görülen aynı davranış biçimini.

Bitkiler, genel olarak biz olmadan da gayet iyi yaşayabilirler. Ancak onlar olmadan bizim neslimiz çabucak tükenirdi. Yine de pek çok dilde (bizimki de dahil olmak üzere), "ot gibi yaşamak" ya da "bitkisel hayat" deyimleri en aza indirgenmiş bir yaşam durumunu işaret etmek için kullanılır.

"Kime göre ot gibi?" ... Eğer bitkiler konuşabilseydi, belki de bize soracakları ilk sorulardan biri bu olurdu.

BÖLÜM 1

Sorunun Kökeni

Başlangıçta yeşil vardı: bir bitki hücreleri karmaşası. Sonra Tanrı hayvanları yarattı, içlerinden en asil olanıyla da bitirdi: İnsan. İncil'de, diğer birçok evrenin başlangıcı hikayesinde olduğu gibi insan, ilahi çalışmanın yüce meyvesidir, seçilmiş olandır. Yaratılışın sonuna doğru ortaya çıkar, her şey kendisini beklerken: her şey "Yaratılışın efendisi" tarafından hükmedilmeye ve yönetilmeye hazırken.

İncil'e göre, ilahi çalışma yedi günlük bir zaman çerçevesi içerisinde tamamlandı. Bitkiler üçüncü günde yaratılırken, tüm canlıların en haddini bilmez olanı dünyaya –en sonunda- altıncı günde geldi. Bu sıra günümüz bilimsel bulgularına çok yakındır; fotosentez yapma kabiliyetindeki canlı hücreler gezegende ilk olarak üç buçuk milyar yıldan fazla bir süre önce belirirken ilk Homo sapiensler, sözde modern insanlar, yalnızca 200 bin yıl önce (evrimsel zaman dilimine göre sadece birkaç saniye önce) görüldü. Ancak son gelen olmak, insanları ayrıcalıklı hissetmekten alıkoymadı; üstelik evrim konusundaki şu anki bilgimiz "evrenin efendisi" rolümüzü sert bir şekilde alçaltarak pozisyonumuzu "yeni gelene" – kültürel şartlanmamızın bizi inandırdığının aksine, diğer türler üzerinde hiçbir *a priori* üstünlük garantisi getirmeyen göreli bir pozisyona,- indirgemiş olduğu halde.

Bitkilerin bir "beyne" ya da "ruha" sahip olduğu fikri ve en basit bitki organizmalarının bile dış kaynaklı stresi hissedip ona cevap verebileceği, sayısız filozof ve bilim insanı tarafından yüzyıllar boyunca önerilmiştir. Demokritus'tan Platon'a, Fechner'den Darwin'e (yalnızca birkaç örnek vermek gerekirse) tüm zamanların en parlak zihinlerinden bazıları, bitkilerin zekasının savunucuları olmuşlardır; bazısı onlara hissetme kapasitesini atfetmiş, diğerleri onları başları toprağın altında insanlar olarak hayal etmiştir: Hassas canlı varlıklar, zeka ve tüm insan becerileri ile donatılmış... tuhaf pozisyonları nedeniyle olanaksız hale gelenler dışında.

Düzinelerce[1] büyük düşünür, bitkilerin zekasını kuramlaştırmış ve belgelemiştir. Yine de bitkilerin daha az akıllı ve omurgasız hayvanlardan daha az gelişmiş varlıklar oldukları ve "evrimsel düzeyde" (temeli hakikate dayanmayan fakat düşünce yapımıza yerleşmiş olan bir anlayış) cansız nesnelerin zar zor üzerinde olduğu inancı, her yerdeki insan kültürlerinde ayak diremekte ve günlük davranışlarımızda kendini göstermektedir. Deneylere ve bilimsel buluşlara dayanan bitki zekasını onaylayan kaç ses yükselirse yükselsin sayısız fazlası bu hipoteze karşı çıkıyor. Sanki sözsüz bir anlaşma ile dinler, edebiyat, felsefe ve hatta modern bilim, batı kültürüne bitkilerin diğer türlerden daha düşük seviyede (şu an için "zeka" bir yana) canlılığa sahip olduğu fikrini yayıyor.

Bitkiler ve Büyük Semavi Dinler

"Ve tüm ırklardan her bir canlı, her neviden iki adet gemiye bindireceksin, seninle hayatta tutmak için; erkek ve dişi olacaklar. Kümes hayvanları kendi türlerinden ve büyükbaş hayvanlar kendi türlerinden, dünyanın tüm sürünen canlıları kendi türlerinden; her neviden iki adet seninle binecek, hayatta kalmaları için." Bu sözlerle, Eski Ahit'e göre, Tanrı Nuh'a gezegenimizdeki hayatın devam edebilmesi için evrensel Tufan'dan neleri kurtarması gerektiğini söyledi. Tanrı'nın talimatlarına itaat ederek, Nuh tufandan önce gemiye kuşları, hayvanları ve hareket eden tüm yaratıkları bindirdi: "temiz" ve "kirli" varlıkları, çiftler halinde, her bir türün çoğalmasını temin etmek için.

Peki bitkiler? Onlar hakkında tek kelime dahi yok. Kutsal Ki-

tap'ta bitki dünyası hayvan dünyası ile eşit görülmemekle kalmıyor, dikkate bile alınmıyor. Kaderine terk ediliyor, muhtemelen ya tufan tarafından yok edilmeye ya da diğer cansız varlıklarla birlikte kurtulmaya. Bitkiler öyle önemsizdi ki onlarla ilgilenmek için hiçbir sebep yoktu.

Ancak yine de bu paragrafın çelişkileri kısa süre içinde aşikar oluyor. Hikaye devam ederken öncülük eden belli oluyor. Geminin yavaşça karaya oturmasından sonra, yağmur birkaç günlüğüne durduğunda, Nuh dünyadan haberler getirmesi için bir güvercin gönderiyor. Bir yerlerde kuru toprak var mı? Yakınlarda suyun üzerinde bir yerler var mı? Yaşanabilir yerler mi? Güvercin gagasında bir zeytin dalı ile dönüyor: bazı yerlerin yeniden ortaya çıktığının ve üzerlerinde yaşamın yeniden mümkün olduğunun bir işareti. Nuh böylece anlıyor ki (bunu dile getirmese de) bitkiler olmadan Dünya üzerinde yaşam olamaz.

Güvercinin haberleri çok geçmeden doğrulanıyor ve kısa süre sonra gemi Ağrı Dağı'na ulaşıp duruyor. Büyük aile reisi gemiden inip karaya çıkıyor, hayvanları serbest bırakıyor ve Tanrı'ya şükürlerini sunuyor. Peki, sonra Nuh ne yapıyor? Bir üzüm bağı ekiyor. Peki ama hikayenin başka bir yerinde bahsi geçmeyen üzümün aslı nereden geliyor? Nuh onun faydasının farkında olarak tufandan önce yanına almış olmalı, canlı olduğundan değil.

Bu şekilde, okuyucu farkında bile olmadan, kutsal kitaptaki hikaye boyunca bitkilerin canlı varlıklar olmadığı fikri kendini gösteriyor. Genesis'te[1] iki bitki, zeytin ve üzüm asması, bitki dünyasının yaşamsal niteliği genel olarak tanınmamasına rağmen, yeniden doğumun ve yaşamın değeri ile ilişkilendirilmiştir.

Üç Semavi din de dolaylı olarak bitkileri yaşayan varlıklar olarak kabul edememiş, gerçekte onları cansız nesnelerle birlikte gruplamışlardır. İslam sanatı, örneğin, Allah'ı ya da yaşayan diğer canlıları betimleme yasaklamasına uyarken, bitkilerin ve çiçeklerin betimlenmesine öyle tutkuyla düşkündür ki çiçekli tarz semboliktir. Bu, bitkilerin cansız olduğunu doğrudan belirtmeden gösteriyor – yoksa onları betimlemek de yasak olurdu! Kuran'da aslında

[1]Kitabı Mukaddes'in ilk kitabı, Yaratılış. (çevirmen notu)

hayvanları betimleme ile ilgili açık bir yasaklama yok; yasaklama, İslami yasaların yorumlanmasının temelini oluşturan Peygamber Muhammed'in sözleri olan *hadis* yolu ile iletilmiş, kanuna binaen İslam'da Tanrı yoktur Allah vardır ve her şey ondan gelir ve her şey odur ki açıkça görülüyor ki bitkiler buna dahil değil.

İnsanlar ve bitkiler arasındaki ilişki tamamen çelişkili. Örneğin aynı Eski Ahit'e dayanan Yahudilik, ağaçların sebepsiz yere kesilmesini yasaklıyor ve ağaçların yeni yılını kutluyor (Tu Bişvat). Çelişki bir taraftan biz insanların bitkiler olmadan var olamayacağımızın son derece bilincinde olup diğer taraftan onların gezegen üzerinde oynadıkları rolü kabullenmekte isteksiz olduğumuz gerçeğine dayanıyor.

Tüm dinlerin bitki dünyası ile aynı ilişkiye sahip olmadığı doğrudur. Kızılderililer ve diğer yerliler onların inkar edilemez kutsallığını kabul ederler. Eğer bazı dinler bitkileri kutsallaştırmışsa (daha doğrusu onların parçalarını), diğerleri onlardan nefret edecek hatta onları şeytanlaştıracak kadar ileri gitmiştir. Örneğin, engizisyon sırasında, cadılıkla suçlanan kadınların iksirlerinde kullandıklarına inanılan bitkiler – sarımsak, maydanoz ve rezene – cadılarla birlikte yargılanmışlardı! Bugün bile psikotropik etkilere sahip bitkiler özel muamelelere tabi tutuluyorlar: Bazıları tamamen yasaklanıyor (bir bitkiyi nasıl yasaklarsınız? Bir hayvanı yasaklayabilir misiniz?), diğerlerinin kullanımları düzenlemeye tabi tutuluyor, bununla beraber bazıları kutsal sayılıyor ve şamanlar tarafından kabile törenlerinde kullanılıyor.

Yazarlar ve Filozoflara Göre Bitki Dünyası

Nefret edilse, sevilse, görmezden gelinse ya da kutsallaştırılsa da bitkiler yaşamımızın ve dolayısıyla sanatımızın, folklorumuzun ve edebiyatımızın bir parçası. Sanatçıların ve yazarların hayal gücü, yarattıkları eserlerde dünyanın bir görüntüsünü kurmaya yardımcı olur. Sanat bize insanlar ve bitki dünyası arasındaki ilişki hakkında ne anlatır? Şüphesiz önemli istisnalar olmasına rağmen, genellikle yazarlar bitki dünyasını durağan, kırsalın inorganik parçası, bir tepe ya da dağ silsilesi kadar pasif olarak tasvir ederler. Örneğin Daniel Dafoe'nin, bitkilerin manzaranın bir par-

çası olarak betimlendiği ancak asla canlı organizmalar olarak resmedilmediği *Robinson Crusoe* (1719) romanını düşünün. İlk yüz sayfa boyunca, romanın tüm konusu Robinson'un adadaki diğer canlı organizmaları araması üzerine kuruludur... bitki formundaki canlılarla kelimenin tam manasıyla dört bir yanı sarılı olduğu halde. Amos Oz'un yakın zamanda çıkan *Aniden Ormanın Derinliklerinde* (2005) kitabında tüm köy, insanlardan başka hiçbir canlı türünün yaşamasına izin vermeyen bir lanet altındadır... köy tamamen ormandaki bitkiler tarafından kuşatılmış olduğu halde.

Felsefede, daha önce değindiğimiz gibi, bitkilerin doğasına dair sorgulamalar meşhur zihinlerin tartışmalarını yüzyıllar boyunca hareketlendirmiştir. Bitkilerin hayatı (ya da o zamanlar adlandırıldığı şekliyle bir "ruhu") olup olmadığı İsa'dan yüzyıllar önce tükenmeksizin tartışılan bir soruydu. Yunanistan'da, batı filozofisinin doğum yerinde, bu konu üzerine birbirine zıt görüşler uzun süre bir arada var oldu: Bir tarafta Stagira'lı Aristoteles (M.Ö. 384/383-322) bitkilerin dünyasının, inorganik dünyaya yaşayanların dünyasından daha yakın olduğunu düşündü; diğer tarafta, Abdera'lı Demokritus (M.Ö. 460-360) ve takipçileri bitkileri gelişmiş olarak değerlendirdi, hatta onları insanlarla karşılaştırdı.

Canlıları sınıflandırmada, Aristoteles onları ruhun varlığına ve yokluğuna göre ayırdı, kendisi için maneviyatla hiçbir ilgisi olmayan bir anlayış. Bunu anlamak için, *animate* kelimesinin bugün dahi "hareket edebilme kabiliyeti" anlamına gelen kökünü düşünmemiz gerekir. Çalışmalarından birinde şöyle yazmıştır: "Diğer özelliklerin hepsinden daha önemli iki karakteristik işaret, ruhu olan ile olmayanı ayırt etmekte kullanılır -hareket ve algı-" *(Ruh Üzerine)*. Bu tanımlama esas alındığında ve o zamanlar mümkün olan gözlemlerin desteğiyle, Aristoteles başlangıçta bitkileri "cansız/hareketsiz" olarak değerlendirdi. Ancak sonra yeniden değerlendirmesi gerekti. Sonuçta, bitkiler üreyebiliyordu! Cansız oldukları nasıl iddia edilebilirdi ki? Filozof, sonrasında daha farklı bir çözüm tercih etti ve bitkilere düşük seviyeli bir ruh verdi, yalnızca onlar için özel olarak yaratılmış bir bitki ruhu, uygulamada bitkilerin yalnızca üremesine izin veren bir ruh. Eğer bitkiler can-

sız şeylere eşit olarak görülemiyorduysa, çünkü üreyebiliyorlardı, yine de –Aristoteles'in verdiği karara göre- cansızlardan o kadar da farklı oldukları düşünülmemeliydi.

Aristotelesçi düşünce yüzyıllarca Batı kültürünü etkiledi, özellikle de neredeyse Aydınlanma çağının başına kadar egemen olduğu botanik gibi belli bazı disiplinlerde. Yani filozofların neden uzun süre bitkilerin "hareketsiz" olduklarını düşündükleri ve konuyu daha fazla düşünülmeye değer bulmadıklarına şaşmamak gerek.

Ancak, antik çağlardan günümüze dek, bazı filozoflar bitkilere en yüksek değeri verdi. Örneğin Aristoteles'den neredeyse bir yüzyıl önce Demokritus bitkileri tamamen farklı bir şekilde tanımlamıştı. Demokritus'un filozofisi atomik mekaniğe dayanıyordu: Tüm objeler, hareketsiz görünse bile, bir vakum ile dış dünyadan ayrılmış, daimi bir hareket halindeki atomlardan oluşuyordu. Bu gerçeklik görüşüne göre her şey hareket ediyordu ve atomik düzeyde bakıldığında bitkiler bile hareketliydi. Hatta Demokritus ağaçları ters dönmüş insanlarla bile karşılaştırdı, kafaları toprakta ve ayakları havada; yüzyıllar boyunca sık sık tekrarlanan bir görüş.

Eski Yunan'daki Aristotelesçi ve Demokritusçu anlayışlar böylece bitkilerin eş zamanlı olarak cansız varlıklar ve zeki organizmalar olduğu bir çeşit bilinçsiz duygu karmaşasının oluşmasına yol açtı.

Botaniğin Babaları: Linnaeus ve Darwin

Genellikle Carl Linne olarak bilinen Carl Nilsson Linaeus (1707-1778) doktor, kaşif ve pek çok ilgi alanı arasında tüm bitkilerin sınıflandırılması da olan bir doğa bilimciydi. Bu nedenle, çoğu zaman yalnızca kısmen adil davranılarak, çünkü hayatı boyunca yoğun araştırmalar gerçekleştirmiştir, "büyük sınıflandırıcı" olarak bilinir.

Linne'nin bitki dünyası ile ilgili fikirleri neredeyse en başından kendine özgüydü. İlk olarak, bitkilerdeki "üreme organlarını" tanımladı ve sınıflandırma çalışmasını dayandırdığı "eşey sistemini" temel sistematik ölçüt haline getirdi. Garip bir çelişki ile bu karar ona hem ilk üniversite makamını kazandırdı hem de "ahlaksızlık"

ile suçlanmasına neden oldu. (Bitkilerin cinsiyeti olduğu biliniyordu. Ancak bitkileri sınıflandırmak için bunun çalışılması? ... ne kadar ayıp.) Ardından bilim insanı, yalnızca tesadüf eseri ilkinden daha az eleştiriye maruz kalan bir başka yenilikçi teori ortaya attı: Linne, şaşırtıcı bir kararlılık ve basitlikle bitkilerin... uyuduğunu savundu.

1755'teki bilimsel eseri *Somnus Plantarum (Bitkilerin Uykusu)*'un başlığı bile bilim insanlarının o günlerde teorilerini muhtemel saldırılardan korumak için sarf ettiği temkini gözetmemişti. Aslında o zamanların bilimsel bilgisine ve kendisinin geceleri yaprakların ve dalların aldığı farklı pozisyonlar üzerine gözlemlerine dayanarak, Linne'nin bitkilerin uyuduğunu ileri sürmesi görece kolaydı. Ancak bu, uykunun beynin en gelişmiş etkinliklerinden biri ile ilişkili temel bir biyolojik özellik olduğunun anlaşılmasından yüzyıllar önceydi ve bu nedenle Linne'nin fikri tartışılmadı bile.

Bugün aynı teorinin birçok muhalifi var ve Linne bile, eğer uykunun pek çok görevini biliyor olsaydı kendi gözlemlerini muhtemelen farklı yorumlardı ve bitkilerde, hayvanların bir eylemiyle karşılaştırılabilecek bir etkinliğin varlığını reddederdi. Gerçekten de başka bir vakada bunu reddetmişti: böcekçil bitkilerde. Örneğin Linne, böcekleri yiyen *Dionaea muscipula* (Venüs sinekkapanı) gibi bitkilere oldukça aşinaydı. Ve kesinlikle birinin bir böceği hapsettiği, yakaladığı ve sindirdiğini gözlemlemişti. Ancak bu gerçeklik (bir bitkinin bir hayvanı yediği), bitkilerin hayatın en düşük seviyesine indirgendiği, kalıplaşmış doğanın organizasyonu piramidine o kadar uyumsuzdu ki Linne tıpkı çağdaşları gibi yalın kanıtı kabul etmek yerine sayısız başka muhtemel açıklamaya rağbet etti. İddialarının bilimsel doğrulamalarına bakmadan, zaman zaman böceklerin ölmediği ve kendi iradeleri ile ve kendi rahatlıkları için bitkinin içerisinde kalmayı tercih ettikleri ya da bitkinin üzerine ondan etkilendikleri için değil tesadüf eseri kondukları varsayımında bulundu. Hatta bitki tuzağının şans eseri kapandığını ve bu yüzden bir hayvanı çekimleyemeyeceğini bile öne sürdü. Bitki dünyasına yönelik duygu karmaşasının hala büyük İsveçli botanikçinin zihni üzerinde etkisi vardı!

1875'te Charles Darwin böcekçil bitkiler üzerine bilimsel çalışmasını yayınlayana kadar hiçbir bilim insanı böceklerle beslenen bitki organizmalarının varlığını kabul etmedi. Ancak Darwin bile, karakteristik temkinliliği ile, Nephentes cinsine ait birkaç süperetçil gibi fare ve diğer küçük memelileri avlayan bitkilerin son derece farkında olmasına rağmen, onlara (bizim bugün dediğimiz gibi) "etçil" diyecek kadar ileri gitmemişti. Ne "böcekçiller" ama!

Darwin'in temkini bizi Galileo'nun temkininden ya da geçmiş yüzyıllardaki diğer bilim insanlarının temkininden fazla ürkütmemeli. Onların bu kadar temkinli olmalarının sebebi "diplomatik" olmalarından; bazı devrimsel fikirlerin toplumsal bilince- ve çok tutucu olan bir bilimsel camiaya- ancak yavaşça süzülebileceği gerçeğinden kaynaklanır. Ama bir dakikalığına Linne'ye dönelim ve kendimize şunu soralım: Bitkilerin uyuduğunu, meslektaşları tarafından dışlanmadan veya sıkıştırılmadan bu kadar cesurca iddia etmesi nasıl mümkün olabilmişti? Bunu cevaplaması zor değil: Uzun bir süre, Linne'nin teorisinin aslında temeli olmadığı düşünülmüştü, bu yüzden çürütmeye dahi değmezdi. Dahası, uykunun belirli bir görevi olmadığına inanılıyorken, bitkilerin uyuyup uyumadığı kimin umurundaydı ki?

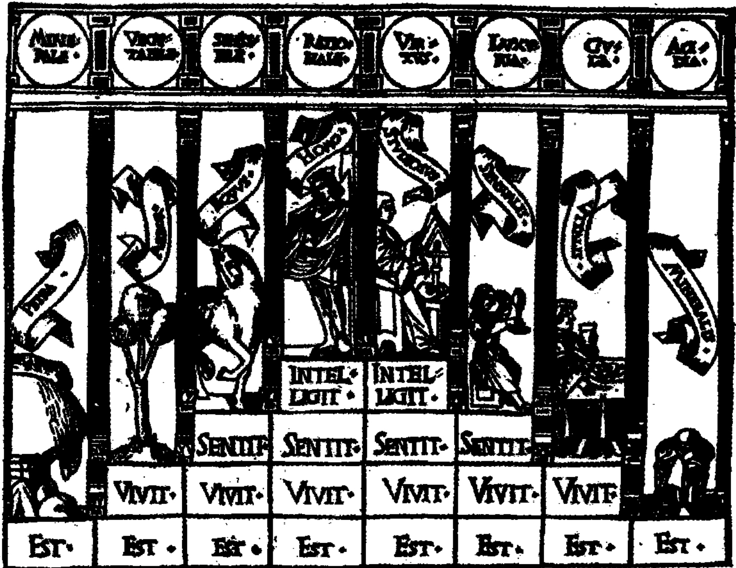
Bugün, bu fizyolojik işlemin kaç tane önemli yaşamsal ve beyinsel özellikle bağlantılı olduğunu biliyoruz. Ancak bu yüzyılın başlangıcına kadar güncel bilim bile yalnızca en gelişmiş hayvanların uyuduğu görüşünü korumuştur. 2000 yılında bu durumun, var olan "en basit" böceklerden biri olan meyve sineğinin bile hak ettiği gibi dinlendiğini gösteren İtalyan nörolog Giulio Tononi tarafından aksi ispat edilmiştir. Öyleyse neden bitkiler uyumasın ki? Belki de bunun tek açıklaması, bu fikrin bizim bitkisel dünya hakkındaki fikirlerimize uymuyor olmasıdır.

İnsanlar Gezegendeki En Gelişmiş Varlıklardır. Yoksa değiller mi?

Çok az ya da hiç istisnasız, yazık ki, bitki dünyası fikri ve yüzyıllardır beraberimizde getirdiğimiz sözüm ona Yaşayan Şeylerin Piramidi, 1509'da basılan Charles de Bovelles (yaklaşık 1479-1567) tarafından yazılmış *Liber de sapiente* (Bilgelik Kitabı)'nda yer

alandır. Kitapta anlatılan bir resimleme, bin kelimeden daha değerli: Yaşayan ve yaşamayan türleri yükselen bir sırada gösteren bir şekil. Kayalarla başlıyor (bunlara şu özlü yorum yapılmış: Est, var oldukları anlamını taşıyor, hepsi bu; daha fazla nitelikleri yok), bitkilerle devam ediyor (*Est et vivid:* yani bir bitki var olur ve yaşar, ama hepsi bu kadar) ve hayvanlar (*Sentit:* bir hayvan hislerle donatılmıştır), ve son olarak insana geliyor (*Intelligit:* yalnızca insanın anlama kapasitesi vardır).

Yaşayan canlılar arasında bazı türlerin daha çok ya da daha az evrimleştiği ve daha çok ya da daha az yaşam kapasitesi ile donandığı Rönesans düşüncesi hala itibar görüyor. Bu bizim kültürel mayamızın bir parçası ve Charles Darwin tarafından gezegenimizdeki yaşamı anlayabilmemiz için bizlere verilmiş *Türlerin Kökeni* temel eserinin 1859 yılında yayınlanmasının üzerinden geçen 150 yıldan fazla bir süreye rağmen vazgeçmemiz neredeyse imkansız – bu öyle önemli bir kitaptır ki büyük biyolog Theodo-



Şekil 1-1. Charles de Bovelles'nin "Yaşayanlar Piramidi", *Bilgelik Kitabı*'ndan. (1509) Doğal dünyaya bakışımız pek de değişmedi.

sius Dobzhansky şöyle yazmıştır: "Evrim ışığı altında olmadan biyolojideki hiçbir şey anlamlı değildir."

Bir biyolog, botanikçi, jeolog ve zoolog olan bu muhteşem İngiliz bilim insanının teorileri artık insanlığın bilimsel mirasının bir parçası. Yine de bitkilerin, hisler ya da iletişim, davranış ya da hesaplama kapasitesinden yoksun pasif varlıklar olduğu fikriki bu fikir evrime tamamen hatalı bir bakış açısından gelir- hala bilimsel çevrede bile güçlü bir şekilde yer edinmiştir.

Sorunun bu şartlarda değerlendirilmemesi gerektiğini tüm makul şüphelerin ötesinde ispatlayan Darwin'di, çünkü daha çok ya da daha az evrimleşmiş organizma yoktur; Darwin bakış açısıyla, şu anda dünya üzerinde yaşayan tüm canlılar kendilerinin evrimsel dallarının en sonundalar- öyle olmasalardı soyları tükenirdi. Bu Darwin için son derece önemli bir varsayımdı çünkü Darwin için bir şeyin evrimsel halkasının en sonunda olması demek, evrimsel süreç boyunca uyum sağlamada olağanüstü bir kapasite göstermiş olması demekti. Tabi ki dahi doğa bilimci, bitkilerin yaygın olarak kabul edilenlerin ötesinde pek çok kapasiteye sahip, son derece gelişmiş ve karmaşık canlılar olduğunu çok iyi biliyordu. Hayatının ve çalışmalarının büyük bir bölümünü botanik çalışmalarına (yaklaşık 6 cilt ve 70 civarı makale) adamış, ona ölümsüz ününü getiren evrim teorisini onlar yoluyla anlatmıştır. Ancak Darwin tarafından yapılan bitki dünyası üzerine büyük miktarda çalışma hep ikinci sırada görülmüştür: bitkilerin bilimde aldığı yetersiz ilgiye bir gösterge daha- eğer daha fazlasına ihtiyaç vardıysa.

Duane Isaly, 1994 yılında yayınlanan *101 Botanikçi* kitabında şöyle anlatmıştır: "Darwin hakkında yaşamış tüm biyologlardan daha fazla şey yazılmıştır... Garip biçimde bu derya ışığında, Darwin nadiren bir botanikçi olarak tanıtılmıştır. Doğru, bitkiler üzerine yaptığı araştırmalarla ilgili yazdığı pek çok kitap olduğu gerçeği çoğu Darwinia'da geçmiştir, ama bunlar ilgisiz, aşağı yukarı "Eh, büyük adamın ara sıra eğlenmesi gerekir" şeklinde yorumlardır." Darwin, bitkileri karşılaştığı en sıra dışı canlılar olarak değerlendirdiğini pek çok kez yazmış ve onaylamıştır (otobiyografisinde "bitkileri organize canlılar ölçeğine yüceltmek beni her

zaman memnun etmiştir" diye itiraf etmiştir); 1880 yılında yayınlanan *Bitkilerde Hareketin Gücü* adlı temel eserinde de yeniden ele aldığı ve geliştirdiği bir konudur bu. Darwin geleneksel bir bilim insanıydı: Doğayı gözlemler ve yasalarını ortaya çıkarırdı. Azimli bir deneyci olmamasına rağmen bu kitabında oğlu Francis ile birlikte yürüttüğü, bitkilerin sayısız hareketini tanımlayan ve yorumlayan yüzlerce deneyin sonuçlarını açıklamıştır: Çoğunlukla yalnızca toprak üstü kısımları değil, daha sonra bir çeşit "komuta merkezi" olarak tanımladığı kökü de içeren bin bir farklı hareket.

İngiliz doğa bilimci için, eserlerinin son paragrafı her zaman en önemlisidir. Burası müzakere edilen konudaki sonuç değerlendirmelerini, onları basit ve herkes tarafından anlaşılabilir bir şekilde sunduğu kısımdır. İşte, meşhur *Türlerin Kökeni* son sözünden müthiş bir örnek:

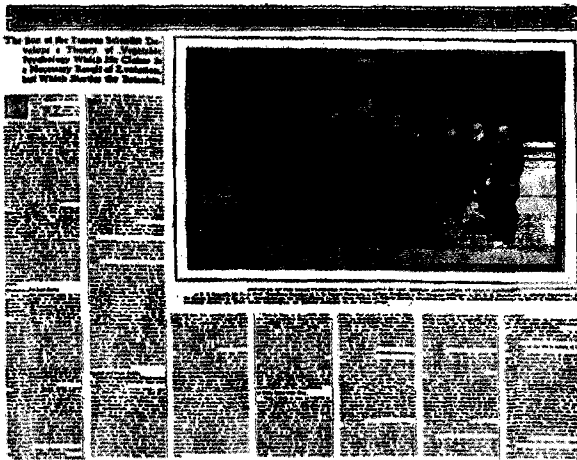
> Başlangıçta Yaratıcı tarafından birkaç ya da tek bir şekilde fısıldanmış olan, pek çok yetkiye sahip yaşamın, bu gezegen sabit yerçekimi yasasına göre dönmeye devam ederken, en basit başlangıçtan, en güzel ve en muhteşem sınırsız şekline bugün ve geçmişte evrimleşmiş olduğu görüşünde bir ihtişam var.

Bitkilerde hareketin en son ve etkileyici paragrafında bilim insanı açıkça, köklerde daha aşağı bir hayvanın beynine benzer bir şey olduğu görüşünü (bölüm 5'te yeniden değineceğimiz önemli bir iddia) belirtiyor. Aslında, bir bitki her biri kendi "programlama merkezi" ile donatılmış binlerce kök ucuna sahiptir. "Programlama merkezi", bin yıldır her nasılsa gözden kaçmış olan, Darwin'den beri asla hiç kimsenin köklerde gerçek bir beyin – ceviz şeklinde, insanınkine benzer- bulunduğunu düşünmediğini ya da söylemediğini, en hain eleştirmenler için bile açıklığa kavuşturmak için kullanılan bir ifade. Aslında hipotez, bitkilerin kök ucunda, hayvan beynindeki gibi çoğu aynı fonksiyonlarla donatılmış bir çeşit bitki paraleli olduğudur. Bunda bu kadar şaşırtıcı olan ne?

Darwin'in iddiaları potansiyel olarak büyük sonuçlara yol açacak olsa da, onları kitaplarında detaylandırmayacak kadar dik-

katliydi. *Bitkilerde Hareketin Gücü*'nü yazdığında zaten yaşlanmış olan Darwin, bitkilerin zeki organizmalar olarak değerlendirilmesi gerektiğinden emindi, ancak aynı zamanda bunu söylemenin, çalışmaları hakkında ihtilaflardan oluşan bir kovana çomak sokmak demek olacağını da biliyordu. Hatırlayın, daha önce insanların maymunların soyundan geldiği ile ilgili teorisini savunmakta sorunlar yaşamıştı! Böylece tezini geliştirme görevini başkalarına, özellikle de oğlu Francis'e bıraktı.

Babasının fikirlerinden ve araştırmasından derinden etkilenen Francis Darwin (1848–1925) Charles'ın işini devam ettirdi, dünyadaki ilk bitki fizyolojisi profesörlerinden biri oldu ve bu yeni çalışma alanındaki ilk İngilizce bilimsel eseri yazdı. On dokuzuncu yüzyılın sonunda, iki konuyu birleştirmek (bitkiler ve fizyoloji) hala mantığa aykırı görünüyordu. Ancak babasının yanında bitkileri ve onların davranışlarını uzun yıllar çalışmış olan Francis, onların zekasının varlığına ikna olmuştu. Artık kendi başına dünyaca ünlü bir bilim insanı olarak, 2 Eylül 1908'de, Bilimin İlerlemesi için İngiliz Derneğinin yıllık kongresinin açılışında tedbirli davranmayı bıraktı ve bitkilerin zeki varlıklar olduğunu iddia etti. Bu, beklenen itiraz fırtınasını ateşledi



Şekil 1-2. *New York Times* sayfası Francis Darwin'in Bilimin İlerlemesi İçin İngiliz Derneği'nin 1908'deki yıllık toplantısındaki bildirisini raporluyor: Bitkiler ilkel bir zekâya sahiptir.

ancak Francis iddiasını tekrarladı, hatta *Science* dergisinde aynı yıl otuz sayfalık bir makale yayınladı.

Etki olağanüstüydü. Müzakere tüm dünyada gazetelerde yayınlandı ve bilim insanlarını iki muhalif tarafa böldü. Bir tarafta –Francis Darwin'in iddiasını desteklemek için öne sürdüğü kanıtlardan etkilenerek- çabucak bitki zekasının varlığını onaylayanlar; diğer tarafta katı bir şekilde bu ihtimali reddedenler. Tıpkı Antik Yunan'daki gibi!

Bu iddiadan yıllar önce, Charles Darwin, Liguria'dan, şimdi unutulmuş olan-haksız bir biçimde, çünkü zamanının en önemli doğa bilimcilerinden biriydi ve bitki biyolojisi alanını onun yarattığı bile söylenebilir- İtalyan bir botanikçi ile en verimli yazışmasını yapmıştı. Federico Delpino (1833-1905), Napoli Botanik Bahçesi küratörü, olağanüstü bir bilim insanıydı. Darwin ile yazışması sırasında, bitkilerin zekasına ikna olmuştu ve kendisini onların yetenekleri üzerine çalışarak saha deneylerine adamış, zamanının çoğunu bazı bitkilerin karıncalar ile kurduğu, mirmekofili denilen (kelime, Yunanca *murmex*, "karınca" ve *philos* "arkadaş"tan gelir) simbiyozise yoğunlaşmıştı. Charles Darwin, birçok bitkinin çiçek dışında da nektar ürettiğinin (tabii bariz şekilde, çoğunluğu böcekleri cezbetmek ve onları tozlaşma zamanında polen taşıyıcıları olarak kullanmak için çiçekte üretiliyordu) zaten farkındaydı ve aynı zamanda nektarın, çok tatlı olduğundan, karıncalara da çekici geldiğini gözlemlemişti. Ancak bu olguyu hiç yakından çalışmamış, "çiçekdışı" (çiçeğin dışında üretildiği için bu şekilde isimlendiriliyor) nektar üretiminin bitki tarafından atık maddelerin tasfiyesi için gerekli olduğuna ikna olmuştu. Bu noktada, her ne var ki, Delpino büyük adamla tamamen farklı fikirdeydi. Nektar, üretilirken bitkinin kendisine büyük maliyetleri mal olan enerji bakımından çok zengin bir maddedir. Öyleyse, Delpino merak ediyordu, neden bundan kurtulsunlardı? Başka bir açıklaması olmalıydı.

Karıncaları gözlemlemekle başlayarak, Delpino mirmekofilik bitkilerin çiçeklerinden başka kısımlarında özellikle karıncaları cezbetmek ve onları avantajlı bir savunma stratejisinde kullanmak için nektar salgıladığı sonucuna vardı: Karıncalar, yemeklerinden memnun kalıyor, yiyecek karşılığında bitkileri otçullardan gerçek

savaşçılar gibi koruyorlardı. Hiçbir bitkiye ya da ağaca yaslanıp bu küçük cesur himenopteraların ısırığıyla zıplayarak uzaklaştınız mı? Karıncalar konak bitkiyi savunmak için anında gelir, sıraya girer, potansiyel yırtıcının etrafını sararak onu geri çekilmeye zorlar! Bu davranışın her iki tür için de son derece işe yarar olmadığını iddia etmek zor.

Entemologlara göre, aslında, karıncalar yemek kaynaklarını koruyarak çok zekice bir davranış gerçekleştiriyor. Botanikçiler için, tam tersine, hikaye her zaman çok farklıydı (ve hala da öyle). Pek azı, bitkinin davranışının da aynı şekilde zekice (ve amaca yönelik) olduğunu ve nektar salgılanmasının bu alışılmışın dışındaki muhafızlardan oluşan orduyu elde etmek için kasti bir strateji olduğunu söylemekte isteklidir.

Bitkiler: Her Zaman İkinci Planda

Şimdiye kadar, bitkiler üzerinde yapılan deneylerle gerçekleştirilen pek çok olağanüstü bilimsel buluşun hayvanlar üzerinde gerçekleştirilen deneyler ile "doğrulanmasının" on yıllar sürmesi şaşırtıcı gelmemeli. Bitki dünyasına ait olduğu sürece esasen göz ardı edilen ya da geniş ölçüde değersizleştirilen yaşamın temel mekanizmaları ile ilgili buluşlar, hayvan dünyasını ilgilendirdiğinde aniden meşhur olmuştur.

Gregor Johann Mendel (1822-1884) tarafından bezelyeler üzerinde yapılmış deneyleri düşünün: Gerçekte genetiğin başlangıcını belirlemişlerdi, ancak kırk yıl boyunca sonuçları neredeyse tamamen göz ardı edilmişti, ta ki genetiğin yükselişi hayvanlar üzerinde yapılan deneylerle başlayana kadar. Ya da bir değişiklik olarak mutlu sonla biten, genom değişkenliği buluşu ile 1983'te Nobel ödülünü kazanan Barbara McClintock'un (1902-1992) deneyine bakın. McClintock tam tersini kanıtlamadan önce genomların (yani genetik yapının tamamının) sabit olduğu ve bir canlının yaşam süresi boyunca değişiklik göstermeyecekleri sanılıyordu. "Genom değişmezliği" dokunulmaz bir bilimsel dogmaydı. 1940'lı yıllarda mısır üzerine yaptığı bir dizi deneyle, McClintock bu ilkenin hiç de çürütülemez olmadığını keşfetti.

Bu, temel bir keşifti- öyleyse neden Nobel ödülünü 40 yıl

sonra aldı? Sebebi basit: Çalışma bitkiler üzerinde yapılmıştı ve McClintock'un gözlemleri akademik tutuculuk ile çeliştiğinden, bilim camiası tarafından uzun süre ötekileştirilmişti. Ancak 1980'lerin başında hayvanlar üzerinde yapılan analog bir çalışma diğer türlerde de genom değişkenliğini doğruladı ve bu "yeniden keşif", yalnızca McClintock'un kendi çalışması değil, ona Nobel ödülünü ve bilime katkılarının tanınmasını kazandırdı.

Elbette, genom değişkenliği bu tür buluşların tek örneği olmaktan çok uzaktır. Hücrelerin keşfinden (bu da ilk kez bitkilerde yapılmıştı) Andrew Fire ve Craig C. Mello'ya 2006 Nobel ödülünü kazandıran RNA girişimine kadar oldukça uzun bir liste bulunuyor. Sonuncusu temelde Richard Jorgensen'in petunyalar üzerine 20 yıl önceki bulgularının, bir solucanda *(Caenorhabditis elegans)* "yeniden keşfi" idi. Ve sonuç? Çok düşük bir solucan (ama yine de bir hayvan) araştırması Fizyoloji ve Tıp alanında Nobel ödülünü hak ederken, kimse petunyalar üzerine olan araştırmayı bilmiyor.

Daha pek çok örnek var, ancak temel hikaye hep aynı: Bitki dünyası her zaman, akademik çevrede bile ikinci sırayı alıyor. Yine de bitkiler, bu organizmalar üzerine deneylerin daha az etik sorun çıkarması bir yana, fizyolojileri hayvanlarınkine benzer olduğundan sıklıkla çalışmalarda kullanılıyor. Ama etik uygulamaların bitkilerde önemsiz olduğuna gerçekten emin miyiz? Bu kitabı okumanın bu konuda bazı şüphe tohumları ekmeye yardımı olacağını umuyoruz.

Bitki dünyasının hayvan dünyasının altında olması anlamsızlığı önünde sonunda terk edildiğinde, bitkileri hayvanlara benzerlikleri için değil, onlardan farklılıkları için çalışmak –çok daha etkin olarak- mümkün olacak. Yeni ve büyüleyici araştırma sınırları açılacak. Fakat sorduğumuz için affedin: Hangi parlak bilim insanı, bilimsel ödüllerin büyük çoğunluğundan münezzeh olacağını bile bile kendisini hayvanlar yerine bitkilere adar?

Gördüğümüz üzere, bu gidişat kültürümüzün doğal bir sonucu. Bilimde olduğu gibi hayatta da değerlerin genel ölçeği bitkileri yaşayan varlıklar arasında sonuncu sıraya indirgiyor. Koca bir alem, bitki alemi, bu gezegende hayatta kalmamızın ve gele-

ceğimizin onlara bağlı olduğu gerçeğine rağmen çok az değer görüyor.

Notlar

Bitkilerde uyku üzerine (Bu konu 5. bölümde derinlemesine işlenmiştir.), bakınız:

- Aristoteles. "Uyku Üzerine", "Rüyalar Üzerine" ve "Uykuda Keşif Üzerine". Çeviri, J.I. Beare. *Aristoteles'in Tüm Eserleri*'nin 1. Cildi. Bollingen Series, Oxford çevirisi ile yenilenmiş, editör: Jonathan Barnes. Princeton, NJ: Princeton Üniversitesi Basımevi, 1984.
- Linnaeus, C. *Somnus Plantarum*. Upsala, İsveç: 1755.

Bitkilerin ters düz insanlar olduğu fikrinin tarihi ile ilgili olarak, bakınız:

- Repici, L. *Uomini Capovolti: Le Piante nel Pensiero dei Greci*. Bari: Editori Laterza, 2000.

Bitkilerin özellikle hareketsiz veya hareketlerinin tamamı gönülsüz olduğu fikri Charles ve Francis Darwin sayesinde tamamen atılmıştı. Kitapları bitki nörobiyolojisinde gerçek bir dönüm noktasıydı; bakınız:

- Darwin, C. ve F. Darwin. *Power of Movement in Plants*. Londra: John Murray, 1880. Yeniden basım, Cambridge, İngiltere: Cambridge Üniversitesi Basımevi.
- Francis Darwin'in bitki zekası üzerine konuşmasına *Science* dergisinden erişilebilirdir:
- Darwin, F. "The Address of the President of the British Association for the Advancement of Science". *Science* 18 (Eylül 1908): 353-62.

BÖLÜM 2

Bitki: Bir Yabancı

İnsanlar, dünya üzerinde yaklaşık 200 bin yıl önce var olduğundan beri bitkilerle birlikte yaşadılar. İki yüz bin yıl birini tanımak için yeterli bir zaman gibi görünebilir. Ancak bizim bitkileri tanımamız için yeterli olmamış. Bitki dünyası hakkında çok az şey biliyoruz ve bitkileri muhtemelen tıpkı ilk *Homo sapiens*'lerin gördüğü şekilde görüyoruz.

Bu iddia, açıkça ispat edilemez olsa da, basit bir örnekle açıklığa kavuşturulabilir. Bir hayvanı değerlendirelim -diyelim ki bir kedi- ve onun karakteristiklerini tarif edelim. Kedi hakkında ne söyleyebiliriz? Akıllı, zeki, sevecen, sosyal, fırsatçı, çevik, hızlı ve kim bilir daha kaç başka şey. Şimdi, bir bitkiyi değerlendirelim – mesela bir meşe ağacı- ve onun da karakteristiklerini tarif edelim. Bir meşe ağacı hakkında söylenecek ne var? Uzun, gölge yapar, boğum boğum, kokulu... başka? En fazla bazı estetik özellikler ve faydalarıyla ilgili birkaç övgü ekleyebiliriz. Kesinlikle "sosyal boyut"larına atıfta bulunan özellikler eklemeyiz, oysaki kedi örneğinde kedinin sosyal olduğunu söyledik (tabi "bireysel" de bir kedinin etrafı ile ilişkiye girme şeklini tanımlayabilirdi). Bir bitkiye ne bir çeşit zeka atfederiz –oysa bunu kedide kolaylıkla tanıyabiliyoruz- ne de bir meşeye sevecen demek aklımıza gelir!

Ancak burada bir şeyler yanlış. Zeki olmayan, sosyal becerilerden yoksun ve çevreleriyle iletişim kurmaktan aciz canlılar

nasıl oldu da gezegende hayatta kaldı ve evrimleşti? Eğer bitkiler gerçekten de bu kadar eksik özelliklere sahipse, doğal seçilim onları çok uzun zaman önce ortadan kaldırırdı.

Buna kanıt aramak için geçmişe bakmamıza gerek yok; son birkaç on yılda bilim, bitkilerin hislerle donanmış olduğunu, karmaşık sosyal ilişkiler kurduklarını ve birbirleri ve hayvanlarla iletişim kurabildiklerini gösteriyor. Bunların hepsini ilerleyen bölümlerde keşfedeceğiz. Öyleyse neden hala insanoğlu bitkileri yalnızca hammadde ya da yiyecek kaynağı, ya da dekorasyon öğesi olarak görmeye devam ediyor? Yaşam formlarını ilkel, yüzeysel değerlendirmenin ötesine geçmemizi engelleyen ne?

Öglena Paramesyum'a karşı: Adil Bir Karşılaşma Mı?

İlk bölümde gördüğümüz kültürel faktörlerin yanında iki şey daha bizim bitki dünyası görüşümüzü etkiler: Evrimsel ve zamansal faktör.

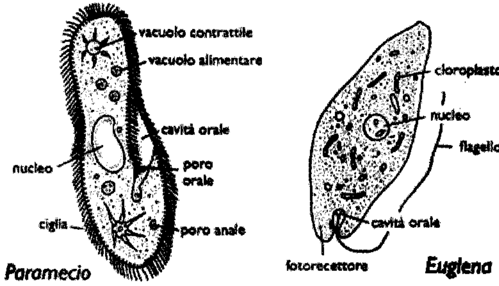
Evrimsel faktörle başlayalım ve ilk önce *evrim* kelimesi ile ne demek istediğimizi sorarak bir analize girişelim. Evrim; bir canlı organizmanın hayatta kalması için en uygun özellikleri geliştirdiği yönde, çevresine yavaş, devamlı bir adaptasyon sürecine işaret eder. Bu süreçte her tür, yaşadığı habitat çeşidine bağlı olarak özellikler ve yetenekler kazanır ya da kaybeder. Elbette, bunların hepsi çok uzun zaman süreçlerinde gerçekleşir, ancak orijinal organizma ile sonuçta oluşan arasında gözle görülen değişimlere yol açabilir. Evrim, hayvanların bitkilerden ayrılmasında temel bir rol oynamıştır ve bugün bizim bitki alemini derinlemesine anlamamızın önündeki sorunun bir parçasıdır.

Bunu daha net görebilmek için bir adım geri çıkalım.

Biliyoruz ki gezegende ortaya çıkan ilk tek hücreli organizmalar alglerdi- bu, bitki benzeri bir canlı demektir. Fotosentez vasıtası ile hayatın dünyada yayılmasına olanak sağlayan oksijeni oluşturdular. Bu ökaryotların ya da hayvan hücrelerinin de ortaya çıkışını kapsar.

O günlerde, bugün olduğu gibi, bitki ve hayvan hücreleri birbirlerinden olması gerektiğini düşündüğümüz kadar farklı değildi. Şüphesiz, bitki hücreleri daha karmaşıktır çünkü hayvan

hücreleri ile karşılaştırıldığında, içerisinde fotosentezin gerçekleştiği ek bir organelleri -kloroplast-; ve onları hayvan hücresinden çok daha dirençli kılan, tüm hücreyi kuşatan bir hücre duvarı vardır. Ancak bu iki fark dışında bitki ve hayvan hücreleri gerçekten çok benzerdirler.



Şekil 2-1. Paramesyum ve Öglena'nın yapısal karşılaştırılması. İki organizma çok benzer ancak ikincisi ışığı algılamasını sağlayan ilkel bir göze (bir fotoreseptöre) sahiptir.

Öyleyse, tek hücreli bir bitkisel organizma, tek hücreli bir "hayvan" (lafın gelişi) ile karşılaştırıldığında ikincisinin her zaman daha karmaşık, daha gelişmiş- tek kelimeyle üstün, kabul edildiği gerçeği nasıl açıklanabilir?

İki tek hücreli varlığı karşılaştıralım, bir hayvan ve bir bitki: Paramesyum ve öglena. Paramesyuma hayvan diyerek biraz yetki alıyoruz, sonuçta o da artık diğer protozoalar ile birlikte ayrı bir sınıflamaya tabi, protistalar. Ancak birkaç yıl öncesine kadar esasen, hayvan olarak kabul ediliyordu: *Protozoa* isminin ima ettiği gibi (Yunanca'dan *protos* "ilk" ve *zoon* "hayvan"), bir ilk-hayvan.

Paramesyum, tüm vücudu yüzmesini ve suda dolaşmasını sağlayan kürek gibi davranan sillerle kaplı ufacık bir tek hücreli organizmadır. Eğer ona mikroskop altında bakarsanız zarif evrimi ve zarif davranışa işaret eder gibi görünen hareketler karşısında büyülenmenize engel olamazsınız. Canlılar arasında gerçek bir şampiyondur: Tek bir hücre ama şaşırtıcı etkinlik becerisine sahip. Herbert Spencer Jennings (1868-1947) başka bir küçük

amipsi tek hücreli hayvan hakkında yazarken, 1906 yılında basılan *Aşağı Organizmaların Davranışları* kitabında, eğer yırtıcı amip bir balina büyüklüğünde olsa ve insanlar için potansiyel bir tehlike oluşturuyor olsa, ona zeka bahşetmeye daha mı yatkın olacağımızı merak etmişti.

Ve diğer köşede, yaratılışın bir başka olağanüstü yaratığı var, ufacık tek hücreli bir yeşil alg: Öglena. O da, protistalarla sınıflanabilir, ancak şüphesiz bitki mizacına sahiptir.

Bu kadar basit canlı organizmalara bakmak ve olağandışı yeteneklerini keşfetmek, bitki dünyasına önyargılı bakışımızın altında neyin yattığını görmemize de yardımcı olabilir. Bu tek hücreli organizmaların ortak noktası nedir ve birbirlerinden nasıl farklıdırlar? Hayvanlar gerçekten de minimal bir zeka türüne sahip de bitkiler değil mi?

Genel bir fikir sahibi olmak için, paramesyum ile başlayalım. Bu kadar küçük bir canlı için şaşırtıcı yeteneklere sahip: Örneğin, yiyeceğin yerini tespit edebilir ve ona ulaşmak için hareket edebilir.

Doğal olarak yaşamak için öglenanın da enerjiye ihtiyacı var. Normalde enerji ihtiyacını fotosentezle sağlıyor, tüm bitkiler gibi, ama eğer ışık azsa, pes etmiyor: Kendisini bir yırtıcıya çevirip hayvan gibi davranıyor. Besinin yerini tespit edebiliyor ve ona ulaşmak için hareket ediyor- evet, o bir bitki ama hareket ediyor! Bu mikroskobik alg, aslında çok ince bir kamçı yardımı ile yüzüyor.

Belli ki hem paramesyum hem de öglena üreyebiliyor. Eğer suyun içinde hareket etmelerini izlerseniz aralarında pek fark yok gibi görünüyor. Ama bekleyin: Paramesyumun vücudunda elektrik sinyalleri dolaşıyor, tek hücrenin içerisinde bilgi taşıyor. Bu sebepten, "yüzen nöron" adını almıştır ki bu paramesyum için oldukça iyi bir tanımlama. Ancak öglenanın tek hücreli bedeninde de aynı türden elektriksel sinyaller geziyor. Yani yine eşitler.

Paramesyum ve öglena aynı şeyleri yapabilirler mi? Bitki ve hayvan arasındaki maç beraberlikle mi bitiyor? Asla- ancak sonuç bizim bekleyeceğimiz şey değil. Elinde gizli bir kozu olan paramesyum değil, yarışı apaçık kazanan bir diğer becerisi ile öglena: Öglena fotosentez yapabiliyor. Bu kapasiteyi iyileştirmek için ışık

frekanslarını yakalamasını sağlayan ve böylece ışığı almak için en iyi pozisyonu bulan ilkel bir görme duyusu geliştirmiş.

İyi ama eğer öglena paramesyumun yaptığı her şeyi yapabiliyor ve bir de üzerine görebiliyor ve güneşten aldığı ışığı enerjiye dönüştürerek enerji üretebiliyorsa, neden kimse ona "yüzen nöron" ya da sıra dışı becerilerini ifade eden başka bir lakap vermedi? Söylemesi zor. Bitki hücrelerinin hayvan hücrelerinden daha fazla yetenekleri olduğuna dair sağlam bilimsel kanıtların genellikle göz ardı edilmesini açıklamanın mantıklı bir yolu yok.

Beş Yüz Milyon Yıl Önce

Bu bölümün başında bahsettiğimiz evrimsel engele dönelim ve bitkiler ile hayvanlar arasındaki farklılaşmanın başladığı yaklaşık 500 milyon yıl geriye gidelim. İlk organizmalar şu şekilde özetlenebilecek iki farklı yol seçti: Bitkiler daha yerleşik, hayvanlarsa göçebe bir hayat tercih etti. Aynı yerleşik hayat seçiminin ilk büyük uygarlıkların kurulmasına yol açtığını yeri gelmişken belirtmek ilginç bir ayrıntı olacaktır.

Bitkiler yaşamak için ihtiyaçları olan her şeyi topraktan, havadan ve güneşten elde etme gereksinimi ile yüzleşirken, diğer tarafta hayvanların diğer hayvanlar ya da bitkilerle beslenmesi gerekti ve onlar da bu amaca yönelik çeşit çeşit hareket becerisi geliştirdi. (koşma, uçma, yüzme vs.). Bu açıdan bitkiler "ototrofik" (Yunanca *autos* "kendi başına" ve *trophe* "besin" kelimelerinden), yani kendi kendine yeten, hayatta kalmak için başka canlılara bağımlı olmayan; hayvanlar da "heterotrofik" (Yunanca *eteros* "diğer" ve *trophe* "besin") olarak tanımlandı çünkü kendi kendilerine yetemiyorlardı.

Kuşaktan kuşağa bu ilk seçim, hayvan ve bitki dünyaları arasında diğer temel farklara yol açtı, üstelik yin ve yang olarak değerlendirilebilecekleri bir noktaya kadar, ekosistemlerin siyah ve beyazı olana dek. Bitkiler sabit ve hayvanlar hareketli; hayvanlar yırtıcı, bitkiler pasif; hayvanlar süratli, bitkiler yavaştı. Bunlar gibi düzinelerce karşıt eşlemeler bulabiliriz, ancak bunların hepsi aynı anlama gelecektir: Geçtiğimiz 500 milyon yıl boyunca bitki dünyasında ve hayvan dünyasında hayat çok farklı evrimleşti. Zaman

içinde, ilk baştaki sabit ya da hareketli varlıklar olarak evrimleşme seçimi, bedenler ve hayat tarzlarında olağandışı farklılaşmalara yol açtı. Hayvanlar hareket (ya da uçma) yoluyla kendilerini korumayı, beslenmeyi ve üremeyi seçerken, bitkiler onları tamamen orijinal çözümler bulma ihtiyacına iten tek bir yerde sabit olmayı seçti, en azından bizim bakış açımızdan (unutmayalım ki bu da bir hayvan bakış açısı).

Bitki Bir Kolonidir

Başlangıçta sabit ve bu yüzden hayvanlar için av olduklarından, bitkiler dış saldırılara karşı bir çeşit "pasif direniş" geliştirmiştir. Bedenleri modüler bir tasarımdan oluşmuştur; her parçası önemlidir ancak hiçbiri gerçekten vazgeçilmez değildir. Bu yapı, hayvanlar alemi ile karşılaştırıldığında, özellikle de gezegendeki otçulların sayısı ve onların doymak bilmez iştahlarından kaçmanın imkansızlığı göz önüne alındığında, temel bir avantajı yansıtmaktadır. Modüler bir organizasyona sahip olmanın ilk avantajı şudur: Bir bitki için yenilmek o kadar da büyütülecek bir sorun değildir! Herhangi bir hayvan bunu söyleyebilir mi?

Bitkilerin fizyolojisi, ileride de göreceğimiz gibi, hayvanlarınkinden farklı ilkelere dayanmaktadır. Hayvanlar neredeyse tüm önemli hayati fonksiyonlarını beyin, akciğerler, mide ve diğer pek çok organ gibi az sayıdaki organda toplamak için evrilirken, bitkiler kolay av oldukları gerçeğini göz önünde bulundurarak becerilerini birkaç nörolojik alanda toplamaktan kaçınmışlardır. Bu biraz, tüm paranızı aynı yere koymayıp birkaç yere bölmek ve saklamak, böylece hırsızlık durumunda kaybı en aza indirmek ya da riski dağıtmak için yatırımlarınızı çeşitlendirmek gibidir. Kısaca, çok zekice bir hareket!

Bir bitkinin işlevleri organlarla ilişkili değildir- yani bitkiler akciğerleri olmadan nefes alır, ağız ya da mideleri olmadan beslenir, iskeletleri olmadan dik durur ve pek yakında göreceğimiz gibi, beyinleri olmadan karar verirler.

Bu çok özel fizyolojilerinden dolayı bitkilerin büyük bölümleri hayatta kalışlarını riske atmadan gözden çıkarılabilir: Bazı bitkilerin yüzde 90 ila 95 kadar bölümleri yenilebilir, ancak sonra-

sında hayatta kalan küçük parçalarından normal bir şekilde yeniden büyüyebilirler. Bütün bir sürü tarafından otlanan bir çayır birkaç gün içerisinde yeniden büyüyebilir. Bu olguyu deneyimlemek için otçul olmanıza gerek yok; eğer bir sarmaşık ya da rüzgar otunu[2] kesmeye kalktıysanız ya da sadece çimlerinizi biçtiyseniz neden bahsettiğimizi biliyorsunuzdur. Sonuçta, evrimsel bir strateji olarak bitkiler, hareketsiz (ya da daha uygun şekilde ifade edersek sabit) organizmalar olarak, yırtıcılara daha iyi direnmek için bölünebilir parçalardan oluşmayı seçtiler. Diğer taraftan hayvanlar, daha başlangıçta savunma stratejilerini hareket üzerine kurmuş canlılar olarak, hiçbir zaman yenileyici kapasiteler geliştirmedi ya da çok az durumda geliştirdi. Evet, bir kertenkele kuyruğunu yeniden büyütebilir, ancak bir ayak, kol ya da kafası bir kez kesildiğinde yeniden büyümez. Oysa bitkinin bir parçası ayrıldığında genellikle sadece yeniden büyümekle kalmaz, bazen bundan fayda dahi sağlar: Budamanın gençleştirici etkisini düşünün. Bu özellik bizimkinden çok farklı olan bitkinin yapısının doğrudan bir etkisidir. Bitki tekrar eden parçalardan oluşmuştur: Dallar, gövde, yapraklar ve kökler hep çok basit parçaların, temelde bağımsız bir şekilde, biraz lego parçaları gibi, birbirlerine eklenmiş birleşimleridir.

Doğru, terastaki bir sardunya bu izlenimi vermez: eşsiz bir varlık gibi görünür. Ancak bir parçasını çıkarırsanız ve ekerseniz – bahçıvan tabiriyle eğer bir dal çeliği alırsanız – sardunyanın parçası köklenecek ve yeni bir bitki verecektir, oysa ki ne bizim kolumuz ne de bir filin ayağı yeni bir organizmaya tamamlanabilir ya da bedenin geri kalanından ayrı hayatta kalabilir.

Kendimizi sürekli birey olarak değerlendirmemiz boşuna değildir.[3] Bedenimiz gerçekten de bölünemezdir: Eğer ikiye kesilirsek iki yarı ayrı olarak yaşayamaz; ölürler. Ancak bir bitkiyi ikiye bölsek, iki parça bağımsız olarak yine de yaşayabilir, çünkü ba-

---

[2]Windweed *(Anemarrhena asphodeloides)* – Asparagaceae (kuşkonmaz) ailesinden tıbbi kullanımı da olan bir bitki. (çevirmen notu)

[3] *Individual*, Latince in (burada olumsuzluk anlamındadır) ve *dividuus* (bölünebilir) kelimelerinden oluşmuştur. (çevirmen notu)

sitçe bitki bir birey değildir. Aslında bir ağaç, kaktüs ya da çalı hakkında düşünmenin doğru yolu onu insan ya da başka herhangi bir hayvanla kıyaslamak değil, onu bir koloni olarak görmektir. Bir ağaç, bir hayvandan çok arı ya da karınca kolonisi gibidir.

Bitkilerin, çok eski zamanlardan kalmalarına rağmen, bu bakış açısında son derece modern oldukları görülür. İnternetin gelmesi ile mümkün olan ve grupların birbirine bağlanması temeline (sosyal ağlar gibi) dayanan pek çok teknolojinin altında yatan başlıca kavramlardan biri, süper-organizmalara veya sürü zekasına özgü sözde beliren özelliklerdir. Bu özellikler, bağımsız varlıkların yalnızca grubun bölünmez işleyişinin yararı için geliştiği özelliklerdir; bireysel elemanların hiçbiri tek başına hakim olmaz- tıpkı arılar ya da karıncalar gibi, koloniler oluşturarak kolonideki bireylerin zekasından çok daha büyük, kolektif bir zeka geliştirirler. Bitki davranışını beşinci bölümde, bitki zekasında daha detaylı tartışacağız.

Bir Zaman Sorunu

Bitkileri oldukları gibi– sosyal, çok yönlü ve bizim gibi son derece gelişmiş organizmalar olarak algılamamıza engel olan sebeplere dönelim. Karmaşık gerçekliği algılayamayışımızın bir başka sebebi daha var, zamanla ilgili bir sebep.

Hepimiz, canlı varlıkların ortalama yaşam sürelerinin türden türe önemli ölçüde farklılık gösterdiğini biliyoruz: İnsan yaklaşık 80 yıl yaşar; arı 2 aydan daha az süre; dev kaplumbağa 100 yıldan fazla. Ortalama yaşam süresinin farklılık göstermesinden de öte, hayvanlar farklı yaşamsal ritimlere de sahiptir: Bazıları kış uykusuna yatar; bazıları bizden çok daha hızlı hareket eder ve ürer. Bizimkinden çok daha farklı zaman birimlerinin varlığının farkında olmak o kadar da zor görünmüyor. Ama durum böyle değil. Gözlerimizin algılayamadığı kadar yavaş bir zaman birimine sebebiyet veren olay akışı hesap edilmiyor. Bu sıfatlar mutlak veriler ışığında açıkça anlamsız olsa da, bunu ifade etmenin bir diğer yolu bizim "hızlı" ve bitkilerin "yavaş" olduğudur. Çok yavaş.

Bizimle bitkiler arasındaki hız farkı o kadar büyüktür ki bizim

algımız bunu yakalayamaz. Bu biraz *trompe l'oeil*[4] ya da optik bir yanılsamanın zamansal boyutta olanı gibidir. Örneğin, bir bitkinin ışığı yakalamak, kendisini tehlikeden uzaklaştırmak ve destek aramak için (tırmanıcı bitkilerin durumunda) hareket ettiğini çok iyi biliyoruz. On yıllardır, modern fotoğraflama ve film teknikleri Darwin'in çoktan ele aldığı ve doğruladığı bitki hareketlerinin yeniden tanımlanmasına olanak sağladı. Bugün, hızlı bir internet taraması sizi bir çiçeğin açtığını veya bir kökün büyüdüğünü gösteren bir videoya ulaştıracaktır. Yine de bizim bakış açımızda bitki "hareketsiz" kalır.

Bu filmlerin görüntüleri bizi büyüler ve bitkilerde hareketin varlığına işaret eder, ancak kısmen içgüdüsel, bu yaratıkların hayvan yaşamından çok mineral dünyasına yakın olduğuna dair, sarsılmaz kanaatimizi değiştirmez. Duyularımız, bitkilerin hareket ettiğini algılamaz, bu nedenle onlara cansız nesnelermiş gibi davranırız. Büyüdüklerini ve dolayısıyla hareket ettiklerini bilmemiz bir şey değiştirmez; bizim için onlar hareketsizdir, çünkü hareketleri gözümüzden ve dolayısıyla derin anlayışımızdan kaçar.

Fakat, bu inkarımızın önemi nedir? İçinde yaşadığımız aşırı-teknolojik toplumda, doğrudan (duyusal) bilgimizin olmadığı ancak özelliklerinden şüphe duymadığımız pek çok şey var. Çok az insan bir televizyonun ya da telefonun ya da bir bilgisayarın nasıl çalıştığını bilir, ancak bunların yalnızca nasıl çalıştıkları hakkında doğrudan duyusal bir deneyimimiz olmadığı için bu aletlerin teknik özelliklerini küçümsemeyi düşünmeyiz. Evrenin yapısı ve maddenin bileşimi hakkındaki bilgilerimiz son derece karmaşık aletler aracılığıyladır. Ancak kim, duyusal algımızın bitki yapısından çok daha dışında olmasına rağmen atomik yapının karmaşıklığını inkar etmeyi düşünür? Elbette, bu anlamda eğitim çok önemli bir rol oynamaktadır.

Öyleyse neden bitki konusunda da benzer bir şey olmuyor? Bize has bu içgüdüsel davranışı zaman içinde azaltabilecek her çeşit kültürel arabuluculuğu engelleyen bir tür "psikolojik enge-

[4] *Trompe l'oeil* göz aldatmasına dayanan bir resim sanatı tekniğine verilen isim. (Fransızca) – (çevirmen notu)

lin" varlığı o kadar da ihtimal dışı değil gibi görünüyor. Ne demek istediğimizi açıklayacağız.

Bizim bitkilerle olan ilişkimiz mutlak, ilksel bağımlılıklardandır ve bu anlamda az çok bir çocuğun ebeveynleriyle olan ilişkisini andırır. Büyürken, özellikle ergenlikte, uzun yıllar sonra gelecek olan gerçek bağımsızlığımıza hazırlandığımız, psikolojik özerkliğimizi kazanmamız için bizi özgürleştiren, ebeveyn figürlerimize olan bağımlılığımızı tamamen inkar ettiğimiz bir dönemden geçeriz. Bitkilerle ilişkimizde de benzer bir psikolojik mekanizmanın işin içine girmesi imkansız değil. Hiç kimse bir başkasına bağımlı olmaktan hoşlanmaz. Bağımlılık, içinde bulunmak istemediğimiz bir zayıflık ve zarar görebilirlik konumu ile örtüşmektedir.

Bağımlı olduklarımıza kızabiliriz çünkü tamamen özgür hissetmemize izin vermezler. Kısacası, bitkilere öylesine bağımlıyız ki, onları düşünmemek için elimizden gelen her şeyi yapıyoruz. Belki de kendi hayatta kalma şansımızın bitki dünyası ile bağlantılı olduğunu hatırlamak istemiyoruz çünkü bu bize zayıf –hiç de evrenin efendileri değil gibi, hissettiriyor! Tabi ki bu iddianın bir miktar kışkırtıcı olması amaçlandı ancak bitki dünyası ile bizim aramızdaki güç dengesini açıklığa kavuşturmakta faydalı olabilir.

Bitkiler Olmadan Yaşam: İmkansız

Eğer bitkiler dünyadan yarın ortadan kaybolacak olsa, insan yaşamı birkaç haftadan fazla sürmezdi ya da en fazla birkaç ay. Çok yakında, tüm gelişmiş yaşam formları gezegenden yok olurdu. Diğer taraftan eğer kaybolan bizler olsaydık, birkaç yıl içinde bitkiler, daha önce doğanın krallığından alınmış olan tüm bölgelere yeniden sahip olurdu ve bir yüzyıldan az bir sürede baki uygarlığımıza dair tüm işaretler yeşille kaplanırdı. Belki bu bize bitkiler ve insanların nispi önemini, biyolojik anlamda, ölçmemizde yardımcı olabilir.

Bir başka mecaz kullanmak gerekirse: Biyolojide hala Aristotelyan-Ptolemaik[5] olarak tanımlayabileceğimiz bir dönemdeyiz. Kopernik Devriminden önce, insanlar dünyanın evrenin merke-

[5]Aristotelyan-Ptolemaik ile yazarın bahsettiği dönem Geosentrik olarak bilinen dönemdir.(çevirmen notu)

zinde olduğuna ve tüm gökcisimlerinin etrafında döndüğüne inanırlardı- Galileo'nun yıkmak için çabaladığı ve popüler zihinden kaybolması yüzyıllar süren, tamamıyla insan-merkezci bir görüş. Evet, biyolojinin kendini aşağı yukarı Kopernik-öncesi bir durumda bulduğunu söyleyebiliriz. Egemen olan düşünce insanların en önemli canlılar olduğu ve her şeyin etrafımızda döndüğü: Çünkü biz kendimizi diğerlerinin üzerine koyduk, biz doğanın mutlak efendileriyiz. Çekici ve iç rahatlatıcı bir görüş... Keşke doğru olsaydı!

Aslında, durumumuz gerçekten de o kadar gösterişli değil. Bitki dünyası tek başına gezegenin biyokütlesinin yüzde 99,5'inden fazlasını temsil eder. Bu, canlı olan her şeyin toplam ağırlığı 100 ise, çeşitli hesaplamalara göre, bunun yüzde 99,5 ila 99,9 kadarı bitkilerden oluşmuş demektir. Ya da tam tersi şeklinde söylemek gerekirse, yaşayan şeylerin tamamı içinde hayvanlar – insanlar dahil – yalnızca bir zerredir (yüzde 0,1 ila 0,5'lik bir azınlık).

İnsanların ormansızlaştırmayı en üst düzeye çıkarmadaki kararlı çabalarına rağmen, bitkiler canlı varlıkların su götürmez sultanlarıdır. Şükürler olsun! Dünya üzerindeki hayatın hala mümkün olmasını sağlayan da bu ilişkidir.

Bildiğimiz gibi, bitkiler besin zincirinin en temelindedir: yediğimiz her şey (et ve balık dahil) ya bir bitkidir ya da bitkilerle beslenerek olduğu şeye dönüşmüştür. İnsanlar beslenmek için çok çeşitli bitki kaynaklarına sahipmiş gibi görünüyor olabilir, ancak işin aslı öyle değil. Kalorilerimizin çoğunu aldığımız esas olarak altı bitki var: Şeker kamışı, mısır, pirinç, buğday, patates ve soya. Bunlar ve birkaç başkası dünyadaki neredeyse tüm insanların beslenmelerinin temelini oluştururlar. Onlar, sözde besin bitkileridir, çok özel canlı varlıklar.

Bir bitkiyi yetiştirmek biraz bir hayvanı beslemek gibidir. Hiç insanların etçil beslenmesinin neden neredeyse tamamen sığır, tavuk ve domuzdan oluştuğunu merak ettiniz mi? Neden hiçbir kültür, yemeklerini aslan, Afrika antilobu, kurt, ayı veya yılana dayandırmamıştır? Bu hayvanlar da inekler ve tavuklar kadar kusursuzca yenilebilirdir. Cevap, belli ki, evcilleştirilen hayvanların

yetiştirilmesinin daha kolay oluşudur. Bir ayı, yemek için mükemmeldir ama yetiştirmesi hiç de kolay değildir. Benzer şekilde, tüm bitkilerin yoğun yetiştirilmeye yanaşmadığı da ortadadır.

Yenilebilir bitkiler sayısızdır ancak çoğu, evrimleşme şekillerinden dolayı endüstriyel düzeyde yetiştirilemezler. Kaplanlar ve ayılar gibi vahşidirler. Diğer taraftan köpekler, insanlarla ortak yaşamanın daha kolay ve hayatta kalmak için savaş vermekten daha rahat olduğunu keşfederek yeni bir tür olarak kurtlardan evrimleşmişlerdir. Evrimsel süreç boyunca mükemmel, karşılıklı tatmin edici bir işbirliği meydana gelmiştir: İnsanlar köpekleri besleyip onlarla ilgilendiler ve karşılığında koruma ve arkadaşlık aldılar. Belli bitkiler de benzer bir evrimsel strateji izlediler: İnsanları besleyerek böceklerden korundular, beslenmeleri sağlandı ve özellikle de gezegenin uzak köşelerine yayılana kadar üretildiler.

Beslenme bitkilere olan ihtiyacımızın sadece ilk ve en içgüdüsel olan bağlantısıdır. Ardından, elbette, oksijen gelir. Hepimiz, nefes aldığımız oksijenin bitkilerden geldiğini ve varlığımızın havadaki oksijene bağlı olduğunu biliyoruz. Ancak kullandığımız enerjinin çok büyük bir bölümünün de bitkilerden kaynaklandığını ve binlerce yıldır emrimizde olan enerjiyi bitkilere borçlu olduğumuzu herkes bilmez.

Bir düşünün: Dünyadaki kullanılabilir enerji kaynaklarının büyük miktarları bir zamanlar güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesi süreciyle bitkilerin içerisinde toplanmıştı. Fotosentez dediğimiz bu mucizevi süreç, ışık ışınlarını ve atmosferde bulunan karbon dioksiti (düşük kalorili diyette olup onlardan vazgeçmek zorunda kalan herkesin bileceği üzere) yüksek enerji içeriğine sahip moleküller olan şekerlere çeviriyor. Bu ilk, temel safhada arka arkaya gerçekleşen dönüşümlerle bizim kullandığımız enerji, aldığı sayısız yapılardan biri halinde (odundan kömüre, ham petrolden diğer yanıcı yakıtlara) oluşturulur.

Geçen yüzyılın dönümünde Rus botanikçi Kliment Timiryazev (1843-1920), "Bitki, dünya ile güneş arasındaki bağlantıdır," diye yazmıştı ve gerçekten de insanların enerji için kullandığı hemen hemen her şey, hep bitkilerden gelmektedir.

Pratik olarak açıklamak gerekirse, fosil yakıtlar (kömür, hid-

rokarbonlar, yağ, gaz ve benzerleri) çeşitli jeolojik dönemler sırasında bitki organizmalarının fotosentez aracılığıyla biyosfere kattığı, güneşten gelen yeraltı enerji yığınlarından başka bir şey değildir. Bazılarının ısrarla onları adlandırdığı gibi "mineral" olmaktan uzak, gerçek organik birikimlerdir.

Öyleyse hava ve besinden sonra, bitkiler bizi bir başka temel unsur ile zenginleştiriyor: Enerji. Bu, yeşil olan her şeye tapınmamız için yeterli olmalı. Üstelik daha ilacı bile göz önünde bulundurmadık. Pratikte, tüm ilaç kodeksimiz ya bitkiler tarafından üretilen moleküllerden elde ediliyor ya da insanların bitki kimyasını taklit etmesi ile sentezleniyor.

Tüm dünyada, Doğu ve Batı kültürlerinde, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, bitkiler ilaçların temel ve vazgeçilmez bir bileşenidir. İnsanlara olan faydaları yalnızca ürettikleri moleküllerinin pek çoğunun farmakolojik kullanımları ile sınırlı değildir. Aynı zamanda doğrudan, pek çok farklı çevre açısından bitkilerin varlığının psikolojik sağlığımıza olan pozitif etkileri de bulunmaktadır.

Bitkilerin oksijen üreterek, karbon dioksit ve kirleticileri zapt ederek, iklimi yumuşatarak fayda sağladığı uzun zamandır biliniyordu. Ancak bitkilerin sağlığımızı etkileyebildiği diğer konular yalnızca yakın zamanda çalışıldı ve bulgular dikkat çekici: Bitkilerin varlığının stresi azalttığı, dikkati arttırdığı ve hastalıklardan daha hızlı iyileşmeyi sağladığı bildirildi.

Basitçe, bir bitkiyi görmek fizyolojik parametrelerin ölçülmesi ile gösterilebilen bir biçimde sakinleşmeyi ve rahatlamayı sağlıyor. Hastanede bitkilere bakan pencerelere sahip olan hastalar, binalara veya boş alanlara bakan pencerelere sahip olan hastalara göre daha az ağrı kesiciye ihtiyaç duyuyor ve daha hızlı taburcu oluyorlar. Bu nedenle (özellikle de ekonomik sebeplerden) kuzey Avrupa'da inşa edilen pek çok yeni hastanede hastaların vakit geçirebileceği, bitkilere ayrılmış bölümleri (bazen bütün bir kat) bulunuyor. ABD Boston Çocuk Hastanesi ve Maryland Üniversitesi Rehabilitasyon ve Ortopedi Enstitüsü, hastalara ve diğer ziyaretçilere açık bahçelere sahip pek çok diğer hastaneye iki örnektir.

Son zamanlarda bitkilerin varlığının bebek ve çocuklara olan etkisi birçok farklı perspektiften araştırıldı. İlk çalışmaların sonuçları en hafif deyimiyle çarpıcı.

Örneğin Urbana Champaign'de Illinois Üniversitesi'ndeki bir araştırma, öğrencilerin kendi odalarında yapmaları istenen testlerle öğrenci performansını değerlendirmiştir. Biraz dikkat toplamayı gerektiren testlerin, pencereleri yeşil alanlara bakan öğrenciler için, bina manzarası olan öğrenciler için olduğundan daha iyi sonuçlara sahip olduğu görülmüştür.

Üniversite öğrencilerinden daha çok, bitkilerin varlığında ilkokuldaki çocukların dikkat kapasitelerinin yükseldiği İtalya, Floransa'daki bir okulda gösterilmiştir. Dahası, kenarlarında sıralı ağaçlar olan caddelerde daha az kaza olmakta ve bol miktarda yeşil alanı olan mahallelerde daha az intihar ve daha az şiddet içerikli suç görülmektedir. Kısacası, bitkiler ruh halimizi, dikkatimizi, öğrenmemizi ve genel sağlığımızı iyi yönde etkiliyor. Bitkilerin varlığı uzun uzay görevlerinde dahi, yalnızca besin olarak değil rahatlatıcı etkilerinden dolayı da vazgeçilmez gibi görünüyor.

Bizim için bitkilerin neden bu psikolojik faydaları olduğu hala çoğunlukla bilinmiyor ve zamanda çok gerilere gidiyor, bizim türümüz için yaşamın onlar olmadan mümkün olmayacağının bilinçsiz farkındalığına bağlanıyor olabilir. Varlıklarında bizi saran huzur, ihtiyacımız olan her şeyin ve hayatta kalmak için tüm şansımızın yeşil dünyada ikamet ettiğine dair, atalarımızdan kalma bir farkındalığın yansıması olabilir. Uzun zaman önce olduğu gibi, şimdi de.

Notlar

İnsanların aniden yok oluşu konusu sürükleyici bir şekilde, bizim tükenmemizin ardından diğer türlerin davranışlarını kurgulayan Alan Weisman tarafından incelenmiştir:

- Weisman, A. *The World Without Us.* New York: Thomas Dunne Books, 2007. www.worldwithoutus.com (Türkçesi: Bizsiz Dünya, Altın Kitaplar, 2008.)

Bugüne kadar bitkilerin stres, rehabilitasyon, dikkat ve çeşitli diğer ruhsal-fi-

ziksel parametreler karşısındaki olumlu etkileri ile ilgili birkaç kapsamlı çalışma olmuştur; ancak aşağıdaki makalelere bakmanız önerilir:

- Dunner, N. ve M. Qasim. "Perceived Benefits to Human Well-Being of Urban Gardens". *Hort Technology 10* (2000): 40-45.

- Honeyman, M. K. "Vegetation and Stress: A Comparison Study of Varying Amounts of Vegetation in Countryside and Urban Scenes". *The Role of Horticulture in Human Well-Being and Social Development: A National Symposium*, 143-45. Portland, OR: Timber Press, 1991.

- Tennesen, C. M. ve B. Camprich. "Views to Nature: Effects on Attention". *Journal of Environmental Psychology 15* (1995): 77-85.

- Ulrich, R. S. "View through a Window May Influence Recovery from Surgery". *Science 224*, no. 4647 (1984): 420-21.

- Mancuso, S., S. Rizzitelli ve E. Azzarello, "Influence of Green Vegetation on Children's Capacity of Attention: A Case Study in Florence, Italy". *Advances im Horticultural Science 20* (2006): 220-23.

BÖLÜM 3

Bitki Duyuları

Bitkilerin gözleri, burnu ya da kulakları olmadığını anlamak kolaydır. Öyleyse, gördükleri, kokladıkları, işittikleri ve hatta tat aldıkları ve dokundukları nasıl akla uygun olabilir? Her şey bize tersini söylüyor: Kültürümüz, duyularımız ve basit gözlemlerden elde ettiklerimiz.

Bize, bitkilerin "bittiği"ni düşünmemiz öğretildi. Diğer bir deyişle bitkiler hareket etmez, fotosentez yaparlar, ara sıra yeni sürgünler verirler, bazen çiçek açarlar veya bir yaprak kaybederler ve hemen hemen hepsi bu kadardır.

Bizim dilimizde, *bitki* kelimesi, bir bitkiye işaret etmiyorsa saldırgan bir ima halini almıştır: Bizim için "bitki/ot olmak" ya da "bitkisel hayat" doğumdan önce bile bize ait olan tüm duyusal ve motor yetenekleri kaybetmek anlamına gelir; daha doğrusu zar zor yaşıyor olmak anlamına. Tıpkı bitkiler gibi. Yoksa değil mi?

İlk bölümde gördüğümüz gibi, bitki dünyasının duyulara sahip olmayan varlıklardan oluştuğu fikri bize antik Yunan'dan kaldı. Değişmeden Rönesans boyunca – bitkilerin var olduğu ama ne hissettiği ne de düşündüğü "Yaşayan Şeylerin Piramidi"nde tarif edildiği gibi – devam etti, tıpkı daha fazla titizlik isteyen incelemesiyle Aydınlanma çağında ve teoride bu modeli mantıksız olarak açığa çıkarması gereken Bilimsel Devrimde de olduğu gibi.

Bununla birlikte hareketsizliğe "indirgendiğinizi" ya da daha iyisi, -daha önce gördüğümüz - bitkilerin zaten yapmış olduğu gibi, bunu faydalı bir evrimsel strateji olarak seçtiğinizi hayal edin. O zaman sizin için görmek, koklamak, duymak ve genel olarak çevreyi, gezerek keşfedemediğinize göre, duyularla keşfetmek daha da önemli bir hale gelmez miydi? Duyular yaşam için, üreme için, büyüme ve savunma için vazgeçilmez araçlardır ve bu yüzden de bitki dünyası onlarsız yapmayı hiç hayal etmemiştir!

Birazdan göreceğimiz gibi, bitkiler tüm beş duyuya da sahiptir, tıpkı bizim gibi. Üstelik hepsi bu da değil: 15 başka duyuya da sahipler. Şüphesiz, bu duyular bitkiye göre gelişti, insan doğasına göre değil, ancak bu onları daha az güvenilir yapmıyor.

Görme

Bitkiler bizi görebilir mi? Eğer görebilirse, nasıl? Bu soruları cevaplamak için öncelikle "görme" ile ne demek istediğimizi açıklamalıyız. Şüphesiz, bitkilerin gözleri yok. Ancak bu, onların göremediği anlamına gelir mi?

Birkaç sözlüğe göz atalım ve gözlere gönderme yapan tanımlamaları eledikten sonra elimizde ne kaldığına bakalım. Görme, "görme becerisi, bu işlev için uyarlanmış organlar vasıtası ile görsel uyaranın algılanması", "görsel uyaranın algılanmasını sağlayan duyu" ve "görme becerisi ya da duyusu. Işık ve aydınlatılmış objelerin farkında olmak" olarak tanımlanır.[6]

Tamam, öyleyse: Bitki kesinlikle göze sahip değil ve bundan dolayı klasik anlamda görmeden de yoksun; ancak eğer bahsettiğimiz şey bir "ışık algısı" veya bir "görsel uyaranı algılama" ise bu tamamen farklı bir hikaye. Bu tanımlamalarla, bitkiler yalnızca tam anlamıyla bir görme duyusuna sahip değil, aynı zamanda bunu olağanüstü bir şekilde geliştirmişler de. Bitkiler ışığı yakalayabiliyor, kullanabiliyor ve ışığın miktarı ile kalitesini ayırt edebiliyor. Bu beceriyi bariz bir sebep olan fotosentez ile enerjilerinin çoğunu ışıktan aldıkları için geliştirmişler.

---

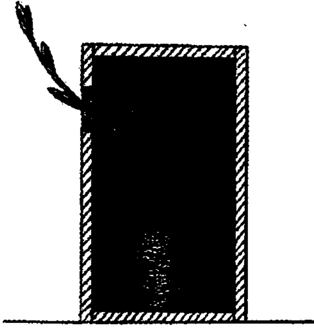
[6] Bu tanımlamalar sırasıyla *Il Sabatini Coletti, Il Grande Dizionario Hoepli* ve çevrimiçi etimolojik sözlük Etimo.it adresinde bulunabilir.

Işık arayışı bitkinin hayatına ve davranışına yön verir: Bir bitki için bol miktarda ışığa sahip olmak, insan için zengin olmanın karşılığıdır. Ve bunun tersi de eşit derecede doğrudur: Gölgede olmak fakir olmaktır. Bitki dünyasında, bizimkinde de olduğu gibi, en fazla enerji sarfiyatı kendini beslemeye yönelir. Bitki için bunun anlamı ışık almak ve kullanmak için daimi bir mücadele demek.

Daha sonra bu zenginlik ya da fakirlik ifadelerinin bitkinin gelişimini, davranışını, becerilerini ve öğrenme potansiyellerini, tıpkı insanda olduğu gibi etkilediğini göreceğiz.

İçeride ya da dışarıda, bir bitkiyi gözlemlemiş olan herkes bitkinin pozisyonunu değiştirdiğini, ışık yönünde büyüdüğünü ve yapraklarını ışıktan en iyi şekilde yararlanacağı biçimde oynattığını fark etmiştir (bu hızlı hareket Yunanca phos, "ışık" ve trepestai "hareket etmek" kelimelerinden gelen "fototropizma" olarak bilinir). Bu tek başına bile mantıklıdır: Bir bitki için yeterli ışığı almak, mümkün olan en hızlı ve en etkili biçimde çözülmesi gereken bir problemdir. Bu yüzden yan yana duran iki bitki- örneğin ormanda ya da saksıda- kendilerini bir rekabetin içinde bulabilir çünkü uzun boylu bitkinin yaprakları, daha küçük olanı gölgede bırakacaktır. Bitkilerin bir rakibe üstün gelme çabası içinde daha hızlı büyümesine neden olan dinamiğe "gölgeden kaçma" denir. Tuhaf bir isim: Kaçmak normalde bitki dünyası ile ilişkilendirdiğimiz tipte bir davranış değil, üstelik burada gerçekleşen ışığın fethi için gerçek bir mücadele.

"Gölgeden kaçış" olgusu çıplak gözle öyle iyi görülebilir ki Antik Yunan'da dahi zaten son derece bilindikti. Yine de bu tipik bitki davranışı binlerce yıldır tanınmasına rağmen, temeldeki önemi görmezden gelinmeye ya da küçümsenmeye devam ediyor. Tam olarak neyden bahsediyoruz zaten? Risk hesaplama ve faydaları ölçme anlamına gelen bir özgün zeka ifadesinden az olmayan bir şey: Eğer önyargımız gözlerimizin önüne bir perde çekmemiş olsaydı, bu gerçeğin yüzyıllardır apaçık ortada olması gerekirdi.



Şekil 3-1. Fototropizma örneği, bitkinin ışık kaynağına doğru büyümesi.

Bir düşünün: Kaçışı sırasında bitki rakibini boyca geçebilmek ve böylece daha fazla ışık alabilmek için daha hızlı büyümeye başlar. Ancak bu hızlı, yoğun büyümenin bitkiye yüksek enerji bedelleri vardır; başarısızlık halinde ölümcül olabilecek kadar yüksek bedeller hem de. Bitki, elindeki enerji ve malzemeyi görece pahalı ve belirsiz bir operasyona yatırır; tıpkı geleceğe yatırım yapan bir girişimci gibi. Bitkinin davranışı, gelecek sonuçlar için plan yapabildiğini ve kaynak kullanabildiğini gösteriyor: Kısaca bu, tipik zeki bir davranıştır.

Ancak duyulara dönersek: Bitki ışığı nasıl algılıyor? Bitkinin içerisinde, ışık ışınlarının kaynaklandığı yön ve kalitesi hakkında bilgileri alan ve yorumlayan fotoreseptörler gibi davranan kimyasal moleküller bulunmaktadır. Bitki yalnızca ışıkla gölgeyi ayırt etmekle kalmaz, dalga boylarından ışığın kalitesini de tanır. Egzotik isimlere sahip farklı tipte fotoreseptörler-fitokromlar, kriptokromlar ve fototropinler- kırmızı, kırmızı ötesi, mavi ve ultraviyole ışık bantlarındaki belli dalga boylarını soğurur. Bunlar, bitkinin gelişiminde, çimlenmeden büyümeye ve çiçeklenmeye kadar pek çok vaziyeti düzenlediğinden bitki için en önemli dalga boylarıdır.

Peki, ama bu ışık reseptörleri nerede? İnsanların gözleri kafanın ön kısmındadır: Evrimsel açıdan bakıldığında stratejik bir konum çünkü yukarıdalar (daha iyi görüş ve daha geniş bir görsel alan için), beyne yakınlar (biricik beynimize) ve dış saldırılardan korunuyor (duyularımızın dördü ve beynimiz bu alanda yoğunlaştığından en çok korumayı başımıza sağlarız). Bitkilerde ise bildiğimiz gibi, işler farklı yürüyor. Bitkiler becerilerini tek bir

bölgede yoğunlaştırmaktan kaçınmak, böylece bir otçulun atıştırmalığı olmanın trajik bir son olmasını önlemek üzere evrimleşmişlerdir.

Bitki dünyasında, tüm beceriler neredeyse her yerde gerçekleştirilir ve hiçbir parça gerçekten vazgeçilmez değildir. Bu genel yapıdan dolayı bir bitkinin ışık reseptörleri dahi büyük miktarlarda gözden çıkarılabilirdir. Daha çok bu reseptörler yapraklarda fotosentez için özelleşmiş organlardadır ancak başka yerlerde de bulunurlar. Gövdenin en genç kısımları, filizler, kökler, kök uçları, odun (genellikle "yeşil" olarak tanımladığımız, kolay yanmayan kısım) bile fotoreseptörlerce zengindir. Sanki tüm bitki minik gözlerle kaplı gibidir. Kökler de ışığa son derece duyarlıdır, ancak yaprakların aksine ışığı hiç sevmezler. Yapraklar, ona çok önem verdiklerini göstermek ister gibi ışığa doğru büyüme ve ışık kaynağına dönme eğilimindedir ve "pozitif fototropizma" dediğimiz şeyi gösterirler. Ancak kökler bunun tam tersini yaparlar, her tür ışık kaynağından kaçmalarına sebep olan bir çeşit "fotofobi"den ("ışık korkusu", Yunanca phos "ışık" ve phobia "korku" kelimelerinden) muzdariplermiş gibi, "negatif fototropizma" olarak bilinen bir davranış sergilerler.

Burada bitki dünyası ile ilgili bilgi eksikliğinin görüldüğü bahsetmeye değer bir uygulama, nasıl yanlış çarpıtılmış deneysel sonuçlara yol açabileceğini bir kez daha gösteriyor. Herkesin, köklerin toprakta, dolayısıyla karanlıkta yetiştiğini bildiğini söylemek güvenli olacaktır... Değil mi? Hayır, görünen o ki, bitki çalışmalarının yürütüldüğü modern laboratuvarlara bu haber hiç ulaşmamış. Moleküler biyolojide (meşhur botanik ve bitki fizyolojisi terimlerini yavaş yavaş gölgede bırakan yeni bilimsel disiplinin adı) deneyler neredeyse daima, toprakta değil normal büyüme için gerekli olan tüm besinleri içeren bir jel taban ya da başka bir şeffaf destek ortamında yetiştirilen model bitki fideleri (en ünlüsü gerçek bir modern laboratuar yıldızı olanı *Arabidpopsis thaliana*) kullanılarak yapılıyor. Bu yapılar, hem şeffaf olduklarından hem de bitkinin alacağı besinleri seçmeye olanak sağladığından fidelerin davranışları üzerine çalışmaları kolaylaştırıyor. Çalışmalara olan katkıları gerçekten de çok önemli olmuş-

tur, az önce bahsedilen küçük problem dışında. Bu deneylerde kökler, neredeyse sürekli olarak parlak ışıkta tutuluyor- tamamen doğallıktan uzak ve tüm bitkiyi strese sokan bir durum. Bu jellerde yetiştirilen kökler, kendilerini rahatsız eden ışık kaynağından uzaklaşma (kaçınılmaz bir biçimde başarısızlığa mahkûm) çabası ile çok hızlı büyüme ve ciddi mesafelere hareket etme eğilimindedir. Buna rağmen, hızlı büyümeleri genellikle bitkinin sağlıklı olduğuna yorulur ve düşünce şöyle devam eder, bitki daha çok kök yapar çünkü uygun şartlarda büyümektedir. Aksine, kökler daha hızlı büyür çünkü kaçmaya çalışmaktadır: Biraz sağduyu bize bir bitkinin köklerinin, yapraklar gibi tamamen ışıkta değil, karanlıkta kalması gerektiğini söyleyecektir.

Ancak karanlığı arayan yalnızca kökler değildir. Belli bitkilerin havada olan kısımlarının bile "gözlerini kapattığı" hassas bir dönem vardır: Sonbahar, geniş yapraklı olarak bilinen pek çok ağacın yapraklarını döktüğü an. Eğer bitkinin fotoreseptörlerinin çoğunluğu fotosentez için özelleşmiş organlar olan yapraklarda yoğunlaşıyorsa, bir ağaç onları kaybettiğinde ne olur? Bir hayvan gözlerini kapattığında ne oluyorsa tam da o olur: Dinlenir.

Yaprak döken bitkiler, görece soğuk kışla karakterize edilen iklimlere özgüdür. Yumuşak iklim ve sabit günışığının sürekli aktiviteyi teşvik ettiği tropik ve yarı tropik bölgelerde yaprak döken bitkiler yoktur, bunun yerine her dem yeşil bitkiler vardır. Fakat ılıman veya karasal iklime sahip bölgelerde, birbirini takip eden sıcak yazlar ve soğuk kışlar bitkilerin davranışlarını tıpkı bir hayvanınkini etkilediği gibi etkiler. Hepimiz kışların çok sert olduğu yerlerde bazı hayvanların kış uykusuna yatarak soğuktan ve besin eksikliğinden kaçındığını biliyoruz; uyumak zorlu kış zamanlarını atlatmanın çok etkili bir yolu. Öyle etkili ki bitki dünyası da aynı stratejiyi benimsemiştir. İlk soğuklarda, yaprak döken bitkiler, en hassas ve soğuğa en çok maruz kalan ve kış boyunca daimi bir donma riski olan yapraklarını kaybeder ve kış uykusuna girer. Bitki dünyasında organizmayı zorlu iklim şartlarından koruyan bu periyodik uyku "vejetatif dinlenme" adını alır ancak hayvan krallığındaki kış uykusu kavramı ile birebir aynıdır. Bitki kendi vejetatif döngüsünü yavaşlatır, "gözlerini kapatır" ve kış boyunca

uyur, daha sonra baharda tomurcukların ve yeni yaprakların oluşmasıyla "yeniden gözlerini açan" bitki normal işlevine devam eder.

Son olarak, hala görme ve gözler konusunu bitirmemişken, teorileri geçen yüzyılın ortasında bilimsel çevreyi şaşkına çeviren Gottlieb Haberlandt'tan (1854-1945) bahsetmeliyiz. Avusturyalı büyük botanikçi deneysel olarak test edemediği, bitkilerin epidermal hücrelerinin gerçek mercekler gibi işlev görerek bitkiye yalnızca ışık değil aynı zamanda şekiller hakkında da oldukça net bir fikir verdiği hipotezini öne sürmüştür. Haberlandt, bitkilerin dış çevrenin gerçek görüntülerini oluşturmak için epidermal hücrelerini tıpkı bizim korneamız ve merceğimizi kullandığımız gibi kullandığı varsayımında bulunmuştur.

Koku Alma

Gottlieb Haberlandt'ın şaşırtıcı teorileri deneysel olarak kanıtlanmamış olarak kaldı, bu nedenle bitkilerin- kesinlikle ışığa duyarlı ve görüş duyusu ile donanmış olmalarına rağmen- gerçekten de nesnelerin şekillerini ayırt edebildiğinden şüphe duymaya devam edebiliriz. Ancak konu bitkilerin koku alma duyusu olduğunda, tuhaf görünse de, üstün kalite "burunları" olduğunu kabul etmemiz gerekir. Doğal olarak, bizimki gibi duyu organlarından bahsetmiyoruz: Bitkilerin duyuları tek bir alanda yoğunlaşmamıştır ve biz yalnızca burunlarımızla koklarken onlar tüm bedenleri ile koku alırlar.

Biz bir kokuyu algılamak için burnumuzla içeri hava alırız ve bunu, havada bulunan molekülleri yakalayan kimyasal reseptörlerin bulunduğu koku kanalına iletiriz ve böylece kokuyu/bilgiyi beyne taşıyan ilgili sinir sinyalleri üretilir. Bitkilerin kokuya olan hassasiyeti yayılmıştır: Tek bir burnumuz değil de tüm vücudumuza yayılmış milyonlarca minik burnumuz olduğunu hayal edin. Köklerden yapraklara, bir bitki genellikle yüzeylerinde tüm organizma için iletişim bilgi sinyalleri zinciri başlatabilen uçucu madde alıcıları bulunan milyarlarca hücreden oluşmuştur. Bu reseptörleri hücrelerin yüzeyinde yerleşmiş pek çok farklı kilitler olarak ve kokuları da çeşitli anahtarlar olarak hayal edin: Her bir

kilit doğru anahtarla etkileşime girdiğinde açılır ve bu kokuyla ilgili bilgiyi üreten mekanizmayı harekete geçirir.

İyi ama bitki dünyasında koku ne içindir? Bitkiler "kokuyu" - BUOB (biyojenik uçucu organik bileşik) adı verilen moleküller- çevrelerinden bilgi almak için ve birbirleriyle ve böceklerle iletişim kurmak -durmadan devam eden bir olay (bakınız Bölüm 4'te "bitkiler ve hayvanlar arasındaki iletişim")- için kullanırlar. Bitkiler tarafından üretilen tüm kokular -örneğin biberiye, Reyhan ya da meyan kökü gibi- benzersiz mesajlara eştir: Bunlar bitkilerin "kelimeleridir", onların sözlüğü! Milyonlarca farklı kimyasal bileşik, hakkında çok az şey bildiğimiz gerçek bitki dilinde işaret olarak iş görürler. Her bir bileşiğin olması muhtemel tehlike uyarıları ya da çekimleme veya def etme mesajları ya da başka bir şey gibi eşsiz bir bilgiyi aktardığını biliyoruz. Tabi ki her angiospermin (çiçekli bitkiler için kullanılan bir terim, Yunanca *angeion*, "zarf" ve *sperma*, "tohum" kelimelerinden) kendisini tozlaştıran böcek ile iletişim kurmak için kendine has bir koku ürettiğini hep biliyorduk; bu durumda mesaj "özel"dir, diğer bitkiler için değildir ve tek bir net amacı vardır. Fakat neden adaçayı, biberiye veya meyan çiçekte değilken bile kendi tipik kokularını verirler? Tüm bildiğimiz kendi sebepleri olduğu: Bu kokuları üretmek enerjiye mal olur ve hiçbir bitki enerjiyi gereksiz yere harcamaz! Bu basit gözlemden, bu bitkilerin mesajlarının kesin bir şekilde yorumlanmasına kadar daha çok yol var.

Şu anki durumumuz ile eski Mısır bilimcisi Jean-François Champollion'un sonunda Mısır hiyerogliflerinin şifresini çözmede başarılı olduğu yıl olan 1822'den önceki durumu arasında bir benzerlik kurabiliriz: Belli işaretlerin (kokuların) belli mesajlara karşılık geldiğini çözdük ancak bu bitkilerin yaydığı tüm uçucu moleküllerin küçük bir kısmı. Üstelik şifreyi çözmeyi daha da zor hale getiren şey mesajın her zaman tek bir uçucu molekül ile değil, daha çok her birinin diğerlerine göre sabit bir oranda bulunduğu birçok molekül grubu ile ilişkili olduğu gerçeğinin bilinmesi. Kısacası, bitkilerin dilinde bile kendi özel birey olmayışları ile uyumlu olarak bir çeşit çok seslilik var gibi görünüyor: Tek bir ses değil de, onları daha çekici ve ilginç kılan bir aksan çoğulluğu.

Bir gün, bu dili çözmenin anahtarını büyük ihtimalle bulacağız. O zamana kadar, bildiğimiz çok az şeyle ve belli uçucu moleküllerle ilişkilendirebildiğimiz anlamlarla kendimizi memnun etmemiz gerekecek. Örneğin, pek çok bitkinin stresli koşullar altında ürettiği "metil jasmonat"ın anlamını biliyoruz. Metil jasmonat çok net bir mesaj verir: "iyi değilim". Bitkilerin birbirleriyle değiş tokuş ettiği pek çok uçucu bileşik aynı mesajı taşır ve çok farklı türlerin bile aynı şeyi söylemek için tamamıyla aynı kelimeleri kullanması şaşırtıcıdır. Tabi ki bunun anlamı evrensel bir bitki dili olduğu değildir. Daha çok, aynı kökten gelen farklı diller var gibidir: Bazı anlamlar hepsinde korunurken diğerleri farklı dillere özgüdür (ve dolayısıyla farklı türlere).

Bitkilerin stres koşulları altında ürettiği ve algıladığı bu uçucu habercilere dönelim. Örneğin pek çok BUOB, gerçek bitki SOS çağrılarını içerir. Bitkiler bu bileşikleri biyolojik (mantar, bakteri, böcek veya bitkinin dengesini önemli ölçüde rahatsız eden herhangi bir canlı varlık tarafından) ya da biyolojik olmayan (örneğin aşırı soğuk ya da sıcak, oksijen yetmezliği, tuz veya kirleticilerin havada ya da topraktaki varlığı) strese maruz kaldıktan sonra üretir. Bu bileşikler tüm vakalarda şaşırtıcı bir işlev görürler: Komşu bitkileri (hatta aynı bitkinin uzaktaki bölgelerini) olması yakın, mevcut tehlikeye karşı uyarırlar.

Neden? Öncelikli olarak meşru müdafaa için. Otçul bir böcek tarafından saldırıya uğramış bir bitki düşünün. Yakındaki bitkileri saldırı konusunda uyarmak için anında bir molekül salıverir. Ardından genellikle tehlike anında hayatta kalmak için daha sonra inceleyeceğimiz inanılmaz stratejileri kullanarak (bakınız "Bitkiler ve Hayvanlar Arasındaki İletişim" bölüm 4) mümkün olan tüm savunma eylemlerini harekete geçirir; bir örnek vermek gerekirse yapraklarını böcek saldırgan için hazmı güç ya da hatta zehirli hale getiren moleküller üretir. En ünlü örneklerden biri domatestir; domates bitkisi otçul böcekler tarafından saldırıya uğradığında çok yüksek miktarlarda BUOB'lar salarak yüzlerce kilometre uzaktaki diğer bitkileri bile alarma geçirir.

Ancak eğer bitkiler bu kadar etkili savunma stratejileri kurma becerisine sahipse, neden insektisitlere ihtiyaç duyuyoruz? Ve

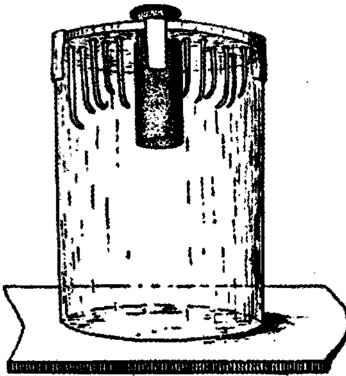
neden bitkilerin savunmaları tüm saldırganları püskürtmek için yeterli değildir? Cevap çok basittir. Doğada, yaşam, avcı ve avı arasındaki rekabetle sürekli olarak yeniden yaratılmakta olan dengenin sonucudur. Bitkilerin avcılara karşı kurduğu her savunma manevrasına karşılık, bitkilerin zaman içinde her zamankinden daha karmaşık bir yolla cevap vereceği yeni bir hayvan stratejisi daima olacaktır. Daimi dönüşümün bu mekanizması evrimin ve Dünya üzerindeki yaşamın devamının tüm olasılıklarının ana sebebidir.

Tat Alma

Hayvanlarda olduğu gibi bitkilerde de koku alma ve tat duyuları yakından ilişkilidir. Pratik anlamda, bitkilerin tat alma duyusundan sorumlu olan organlar, onların besin olarak kullandıkları, köklerinin araştırmacı hareketlerle toprakta uğruna sondaj yaptığı kimyasal maddeler için belli alıcılardır. Bu arayış, bitki dünyasındaki "damak tadının" en iyi gurmelerinki kadar rafine olduğunu ispatlıyor. Belki de bu karşılaştırma sizi gülümsetti, ancak temel olarak belli hassas damakların bir yemekteki en az miktardaki içeriği dahi tespit edebilme becerisinin, köklerin toprağın pek çok metre küpünde gizli mineral tuzların sonsuz küçük değerdeki miktarlarını tanımasından çok da farklı olmadığını göz önünde bulundurun.

Yine de arada bir fark var. Üstelik sıkça öyle olduğu görüldüğü gibi, yine bitkilerin lehine bir fark var. Toprakta var olan minik kimyasal molekülleri algılayarak, kökler damak tatlarının tüm hayvanlardan çok daha üstün olduğunu ispatlıyor! Kökler, çok kısıtlı miktarları dahi büyük bir kesinlikle tespit edebildikleri nitratlar, fosfatlar ya da potasyum gibi "iştah açıcı" besinlerin arayışı içinde durmaksızın toprağın tadına bakıyor. Bunu nasıl biliyoruz? Bitki, tam da mineral bir tuzun yoğunluğunun en yüksek olduğu yerde daha çok kök üreterek ve bu kökleri mineral tuz etkili bir biçimde alınana kadar büyüterek bize söylüyor.

Bu davranış göründüğünden çok daha karmaşıktır. Aslında, bitki tespit ettiği kimyasal madde için daha fazla sayıda kök üreterek, aynı zamanda enerji ve kaynaklarını, ancak gelecekte ka-



Şekil 3-2. Kökler besinlerinin kaynağı yönünde büyür.

zanç sağlayacağı bir şeye yatırmış oluyor. Aşağı yukarı eline geçeceğini umduğu gelecek kazançlara güvenerek var olan kaynaklarını yeni galeriler açmaya yatıran bir maden şirketi gibi; zeki davranışın bir başka örneği.

Toprak bitkide tat almadan sorumlu kısımlar için içgüdüsel olarak baktığımız yerdir çünkü burası bitki dünyasının besin kaynaklarının çoğunluğunun bulunduğu yerdir. Ancak pek çok tür farklı bir beslenme düzenine sahiptir: Etçil bitki olarak adlandırılanlar. *Dionaea muscipula*'nın hikayesini bir düşünün, botanikçiler tarafından keşfedilen ilk etçil bitki.

24 Ocak 1760'ta, Kuzey Carolina'dan varlıklı bir toprak sahibi ve koloninin 1754'ten 1765'e kadarki valisi olan Arthur Dobbs, Kraliyet derneği üyesi İngiliz botanikçi Peter Collinson'a (1694-1768) sinekleri yakalama becerisine sahip inanılmaz yeni bir bitkiyi anlatan bir mektup yazdı:

> "Fakat bitki krallığının büyük mucizesi, hassas bitkilerden oldukça merak uyandıran bilinmeyen bir tür; Cüce bir bitkidir. Yaprakları bir kürenin dar parçaları gibi, iki parçadan oluşuyor, bahar çantasının kapağı gibi, konkav kısımlar dışarı doğru, her biri dişli kenarlarla (demir bir tilki kapanı gibi) geri çekiliyor. Herhangi bir şey yapraklara dokunduğunda, ya da aralarına düştüğünde kapan gibi aniden kapanıyorlar ve aralarına düşen herhangi bir böceği ya da herhangi bir şeyi hapsediyor-

lar. Beyaz bir çiçeği var: Bu şaşırtıcı bitkiye Sensitiva Acchiappamosche (Sinek Kapan Hassas) adını verdim."

Collinson bu muhteşem bitkinin ilk örneklerini Avrupa'ya, İngiliz doğa bilimci John Ellis'e ulaşması için gönderdi ve Ellis bitkiye *Dionaea muscipula* (Venüs sinekkapanı) adını verdi. 1769'da bitkinin etçil doğasını kavrayan Ellis, Linne'ye yazdı:

"... Yaprakları ve çiçekleri ile tam bir çizimini eklediğim bu bitki gösteriyor ki, yapraklarının üst bölümünü yiyeceği yakalamak için bir makine gibi şekillendirmesinde doğanın bu bitkinin *beslenmesi* ile ilgili bir çeşit görüşü olabilir: Yaprakların ortasında artık onun avı haline gelmiş olan mutsuz böcek için bir yem var. İç yüzeyi kaplayan çok minik kırmızı salgı tüyleri, muhtemelen tatlı sıvı salgılayarak zavallı hayvanı tadına bakmak için baştan çıkarıyor: ve bu hassas kısımlar böceğin ayaklarıyla rahatsız edildiği anda, iki lop kalkıyor, hızla avı kavrıyor, diken sıralarını birbirine kenetliyor ve onu ölümüne sıkıyor. Dahası, yakalanan yaratığın içindeki kurtulmasına yardımcı olması gereken güçlü yaşam çabaları onu kurtaramasın diye; salgı tüylerinin arasında her bir lobun ortasına yakın yerleşmiş üç küçük dik diken etkin bir şekilde avın çabalarını sonlandırıyor."

Bu konuda şüpheye yer yoktu: Bu bitki avlanıyordu! Fakat Linne bu satırları düşünmedi bile; Ellis'in sonuçlarını reddetti ve Dobbs'un ilk değerlendirmesine katılarak Venüs sinekkapanını, istemsiz hareketlerle dokunsal uyarıya cevap veren "hassas bitkiler" ile birlikte sınıflandırdı.

Bugün bize Venüs sinekkapanının böcekleri yakaladığı son derece açık görünüyor, ancak Linne onu, dokunulduğunda yapraklarını geri çeken *Mimosa pudica* (küstüm otu) ile aynı tip bitki olarak değerlendirmişti. İki botanikçinin yargıları daha farklı olamazdı: Ellis için sinekkapan, hayvanlarla beslenen bir avcıydı; Linne içinse dokunulduğunda basitçe otomatik cevap sergileyen bir bitkiydi.

Bu bilim insanlarının gözlemleri onları bu kadar farklı sonuçlara nasıl götürebildi? İkiliden daha az tanınmış olanı Ellis, güncel



Şekil 3-3. Dionaea muscipula, kuzeydeki bataklıklara ve Kuzey Carolina'ya özgü bir bitki, İngiliz doğa bilimci John Ellis'in mektubuyla birlikte 23 Eylül 1769'da Linnaeus'ye gönderdiği çizimde görülüyor. Bu mektup etçil bir bitkinin ilk botanik deskripsiyonunu içeriyordu.

düşünce biçiminden etkilenmemiş ve gözlemlediğini tasvir ederken kendisini kısıtlamayarak mantıklı sonuçlara varmıştı. Ancak Linne, şöhretinin doruklarındaydı ve kendisini, zamanın tüm bilimsel çevresinin kabul ettiği, canlı varlıklar arasındaki ilişkinin kanunu olan "doğa düzeni" fikrinden koparamamıştı. Üzerinde öyle bir etkisi vardı ki, kanıtı reddetti ve gözlemlerini gerçekliği

saptırma pahasına teoriye göre değiştirdi. Böylece, uzun araştırmalardan sonra ve bitkinin bir böceği yakalayabileceği ve öldürebileceğine dair inkar edilemez kanıtlar karşısında, Linne, bitkinin etçil doğasını doğrulamayı (ve böylece bilimin gözünde onaylamayı da) reddetti, çünkü bir bitki tarafından bu tür bir davranış düşünülemezdi bile.

İyi ama sinekkapanın yapabildiği herkes tarafından görülebilen bir şeydi: Gerçekten de belli böcekleri yakalayıp öldürebildiği görülebilirdi. Bu davranış nasıl dikkate alınmayabildi? O zamanın çoğu botanikçisi modaya uyarak açıklamayı uzaklaştırdı. Yaprakların refleks olarak hareket ettiklerini (bunun anlamı öldürme amacı gütmeden kapandıklarıydı) ve böceklerin isteselerdi kendilerini kurtarabileceklerini öne sürdüler. Eğer kendilerini kurtarmamışlarsa bu, yaşlı oldukları veya ölmeyi seçtikleri içindi. Bu tür bir sebep bize komik gelebilir ancak o zamanın bilim camiası bunu şüphe duymadan kabullendi. Bir hayvan ile beslenebilen bitki olasılığını reddeden herhangi bir açıklama yeterince iyiydi. Bu hipotez, o günlerde neredeyse daima iyi bir "insan yiyen ağaç" bulabileceğiniz macera kitaplarının sayfaları arasında kalmalıydı.

Ancak sinekkapanın bir böceği öldürmeden ve sindirmeden önce asla serbest bırakmadığı gerçeği nasıl açıklanacaktı? Ve yaprağın tatsız veya sindirilemez bir şey üzerine kapandıktan kısa süre sonra açılması nasıl yorumlanacaktı?

Bu sorulara mantıklı yanıtlar 1875'e kadar beklemek zorundaydı, Charles Darwin *Insectivorous Plants* (Böcekçil Bitkiler) kitabını yayınlayana dek. Ancak o zaman bilim camiası, gerçeğe yaklaşan fakat yine de eksik bir tanımlama olan "böcek yiyen bitkilerden" bahsetmeye başlayabildi. Çünkü Darwin'in zamanına kadar, fareler ve kertenkeleler gibi küçük hayvanları yakalayıp sindirebilen önemli sayıda bitki keşfedilmiş ve gözlemlenmişti bile. Bunlar hiç de böcekçil değildi! Onlarca bitki türü, hepsi böceklerle beslendiği için değil, 1800'lerin ortalarında etçil kelimesi hala bitkilerle ilişkilendirilemeyecek kadar güçlü bir kelime olarak görüldüğü için böyle tanımlanmıştı. Küçük memelileri bile yakalayıp öldürebilen belli suibriği bitkileri başta olmak üzere,

pek çok türün bilinen davranış biçimine rağmen, et tüketen bitkilerin varlığı on dokuzuncu yüzyılın sonunda hala hayal edilemezdi.

Peki, neden bazı bitkilerin böyle bir beslenme alışkanlığı var? Bir kez daha, evrimsel bir sebep var. Bu türlerin milyonlarca yıl önce evrimleştiği nemli bataklıklarda, protein sentezi için hayati öneme sahip olan azot çok az ya da ulaşılamazdı. Azot fakiri habitatlardaki bitkilerin bu hayati öneme sahip elementi alabilmek için köklerini ve toprağı içermeyen bir yol bulmaları gerekiyordu. Nasıl yaptılar? Toprak üstü kısımlarını kullandılar. Zaman içinde, yapraklarının şeklini böcekler için tuzağa çevirerek değiştirdiler; o küçük hareketli azot depoları için. Avlarını hapsedip öldürdükten sonra bu bitkiler avın içeriklerini özümsemek için onları sindirmeye geçti. Aslında, bu etçil bitkinin karakteristiklerinin tanımıdır: Yaprağın özümsemesi için, yakaladığı bir hayvanın içeriğini parçalayan enzimler üreterek onu metabolize etme becerisi.

Şu birinci sınıf yırtıcıların avlanma tekniklerine bir bakalım, *Dionaea muscipula* (Venüs sinekkapanı) ve *Nephentes* (suibriği). Tüm büyük avcılar gibi, kurbanlarını yemleyerek başlıyorlar. Sinekkapanın durumunda yem, artık bir tuzak olan yaprak üzerinde salgılanan, böcekler için karşı konulamaz, çok güzel kokulu, şekerli bir salgı. Linne'nin zannettiğinin aksine, bitkinin boşa harcayacak enerjisi yok ve yaprak farazi bir av tarafından dokunulduğu zaman kapanıvermiyor; öyle olsaydı, yenilmeyecek bir şey yakalayabilir, hatta kenarda asılı duran bir böceğin kaçmasına izin verebilirdi. Bunun yerine, sinekkapan üzerine kapanmadan önce hayvanın yaprağın tam ortasına gelmesini bekliyor, böylece başarısızlık ihtimalinden kaçınıyor.

Sinekkapanın ölüm tuzağını oluşturan her iki parçanın yüzeyinde de üç küçük tüy bulunur: Bunlar, kilidi kapatan tetiklerdir. Tuzağı çalıştırmak için böceğin tek bir tüye tek bir kere dokunması yeterli değildir; en az iki tüye yirmi saniyeden uzun olmayan aralıklarla dokunmalıdır. Ancak o zaman bitki ilginç bir şey olduğunu bilir ve yapraklarını kapatır. Kıvranan, kapana kısılan hayvan tüylere dokunmaya devam eder ve bu sadece sinekkapa-

nın tutuşunu daha da sıkılaştırmasına yol açar. Hayvan öldüğünde -ve dolayısıyla hareket etmeyi bıraktığında- yaprak hayvanı neredeyse tamamen sindirecek olan sindirim enzimlerini salgılamaya başlar. Tuzak yeniden açıldığında, bir bitki ve hayvan arasında geçen bu efsanevi mücadelenin izlerini hala taşıyacaktır; bir sinekkapanın yapraklarında, yakalayıp yediği böceklerin eksoiskeletlerinin (dış iskelet) bulunması şaşırtıcı değildir.

Diğer korku salan yırtıcılar, suibrikleri, farklı bir strateji izler. Evrimleri sırasında kenarlarına tatlı, güzel kokulu maddeler serpiştirilmiş kese benzeri özel organlar geliştirmişlerdir. Hayvan, bitkinin ürettiği koku tarafından çekildiğinde, nektarı içmek ve kokuyu takip etmek için keseye gelir, içeri kayar ve dışarı çıkamaz. Bu kese tuzağının iç kısmı doğadaki en pürüzsüz şeylerden biridir (öyle pürüzsüz ki, teknolojik olarak taklit edilebilmesi için özellikleri çalışılmaktadır). Tuzağın içinde, talihsiz hayvan tekrar eden dışarı tırmanma ve kendini kurtarma çabalarıyla bitap düşüp içinde en sonunda boğulacağı sindirim sıvısıyla karşılaşır. Bu noktada bitki avını, yavaşça özümsenecek olan bir besin çorbasına dönüştürerek sindirmeye başlar.

Suibrikleri sadece böcekleri yemez, aynı zamanda kertenkeleler, küçük sürüngenler ve hatta görece büyük farelerle de beslenirler. Avlarının iskeletleri, tuzak keselerinin dibinde biriktirilir: Eski av andaçları ve kurbanları olacak bir sonraki talihsiz hayvana gizli uyarılar olarak.

Bitkilerin tat alma duyusunu nasıl kullandıklarının ilgi çekici bir örneği olmasının yanı sıra etçil bitkiler, bitkilerin beslenme alışkanlıkları hakkında ufuk açan besin fikirleri de sunuyor. En başta, inandırıldığımızın aksine bu bitkiler sayıca hiç de az değil. Bilinen en az 600 tür var ve her biri çeşitli hayvanları yakalamak için farklı türde tuzaklar ve aletler kullanıyorlar. Bitki yırtıcılığı, doğrusunu söylemek gerekirse daha önce zannedildiğinden çok daha yaygın ve yüzlerce farklı türü içeriyor. Böceklerin avlanmasından bir şekilde dolaylı olarak faydalanan bitki türleri de dahil edildiğinde bu sayı daha da artıyor. Birkaç yıl öncesine kadar yalnızca belli bazı bitki türlerinin -kesinlikle etçil olarak tanımlananların- küçük hayvanları sindirme ve böylece ihtiyaç duydukları

besinleri elde etme kapasitesi olduğu sanılıyordu. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar, bitki dünyasının hayvansal beslenmeyi kullanmasının oldukça yaygın olduğunu ortaya koydu.

Eğer bir patates bitkisinin ya da bir tütün bitkisinin ve hatta *Paulonia tomentosa* (anavatanı Çin olan ve Avrupa ile ABD'de oldukça yaygın hale gelmekte olan bir ağaç) gibi çok daha egzotik bitkilerin yapraklarına baktıysanız, üzerlerinde sık sık böcek cesetleri olduğunu fark etmiş olabilirsiniz. Bu bitkilerin yaprakları, eğer onları sindiremiyorlarsa neden böcekleri öldüren yapışkan ya da zehirli maddeler salgılıyor ki?

Cevap basit ve eğer düşünecek olursanız son derece mantıklı: Bu böceklerin bedenleri hemen sindirilmese dahi yere düştüklerinde ve çözündüklerinde, bitkiye beslenmesinde gerekli olan azot sağlanmış oluyor; yaprak üzerinde kalanlar da bitkinin üzerinde yaşayan ve kolayca azotça zengin atık maddeleri özümseyen bakteriler için besin sağlıyor.

Böylece, oldukça fazla sayıda bitki gerçekte etçil olmaksızın besin alışkanlıklarını çeşitlendirmek ve zenginleştirmek için hayvanlardan faydalanırlar. Onlar için kullanılan teknik terim "protokarnivorlar"dır.

Bitkilerin beslenme alışkanlıkları hakkında başka sürprizler de var. 2012'nin başlarında yeni bir çalışma, solucanları avlayan bir bitki tanımladı, özel... yer altı tuzaklarıyla! Brezilya Cerrado'sunun çok kuru, verimsiz topraklarında yetişen bir menekşe, küçük solucanların yaygın bir çeşidi olan nematodları yakalayıp sindirebilen yeraltı yaprakları geliştirmiş. Bu yapraklar yapışkandır ve yakınına gelen solucanlar bunlara yapışır; bundan sonra aslında azotça fakir olan bir diyete son derece faydalı bir içerik sağlayarak sindirilirler. Bu buluş son derece önemlidir çünkü çok fakir topraklara özgü olan diğer türlerde de bulunabilecek bir yer altı avlanma tekniğini ilk defa tanımlamıştır.

Dediğimiz gibi, bugüne kadar etçil olarak kabul edilen bitki sayısı yaklaşık 600 civarında. Ancak eğer protokarnivor denilen ve diğer muhtemel yeraltı avcılarını da eklersek, çok daha büyük sayılardan bahsedebiliriz. Böylece bitkilerin beslenme alışkanlıkları hakkında tamamen yeni bir fikir edinebiliriz.

Dokunma

İki basit soru bitki organizmalarının dokunma duyusuna sahip olup olmadığını anlamamıza yardımcı olabilir: Bitki dışarıdaki objeler tarafından dokunulduğunun farkında mı? Ve bitki kendisi dışında bir şeye farkında olarak dokunabilir ve ondan bilgi alabilir mi?

Bitki dünyasında dokunma duyusu işitme ile yakından ilgilidir ve mekanik açıdan hassas kanallar denilen, bitkinin her yerinde az miktarda bulunduğu halde dış çevre ile doğrudan temas içerisinde olan epidermal hücrelerde oldukça yoğun rastlanan, küçük duyusal organları kullanır. Bu özel alıcılar (mekanohassas kanallar) bitki bir şeye dokunduğunda ya da titreşim bu alıcılara ulaştığında aktif hale gelir. Ancak nasıl ki özelleşmiş bir duyusal organın olmaması bitkinin buna karşılık gelen duyusal algısının olmadığı anlamına gelmiyorsa, alıcıların varlığı da iyi bir gösterge olmasına rağmen buna karşılık gelen duyusal algıya sahip oldukları anlamına gelmeyecektir.

Bitki dokunulduğunu fark eder mi? Bunu cevaplamak için, -"hassas" olarak adlandırılmış ve Linne tarafından sinekkapan ile aynı grupta sınıflandırılmış- sanki utangaç bir mizaca sahipmiş gibi (ismi de buradan gelir- küstümotu) dokunulduğu anda yapraklarını çeken özel bir mimoza türü olan *Mimosa pudica* bitkisinin davranışına bakalım.

Bu hareket yalnızca saniyeler içinde aktive olur ve şartlı bir refleks değildir (örneğin yaprak suyla ıslandığında ya da rüzgar estiğinde kapanmaz, gerçekten dokunulması gerekir). Yani bu, bitki tarafından gerçek bir davranıştır ancak amacı kafa karıştırıcıdır. Bunun savunmacı bir strateji olduğu açıktır ancak mimozanın kendini neye karşı savunmak istediği hiç de net değildir. Bazıları bu ani kapanmanın yaprak üzerindeki tüm otçul böcekleri korkutacağını düşünür, diğerleri ise küstümotunun bu becerisinin kendisi ile beslenenlere daha az iştah açıcı görünmek için evrimleştiğini düşünür.

Hangi teorinin doğru olduğu pek de önemli değildir. Önemli olan, bu bitkinin yalnızca son derece gelişmiş bir dokunma duyusuna sahip olduğu değil, aynı zamanda bir uyaranın tehlikeli



Şekil 3-4. Mimosa pudica yaprakları açık (solda) ve kapalı (sağda) görülüyor. Hassas dokunsal uyaranlara cevap olarak yapraklar anında kapanır.

olmadığını öğrendiği zaman kapanmayarak davranışını değiştirdiği gerçeğidir.

Küstümotunun alışılmışın dışındaki öğrenme kapasitesini algılayan ilk kişi bilimin deviydi: buluşlarının arasında biyoloji kelimesi de olan Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829). Genç iş arkadaşı Augustin Pyramus de Candolle'ye (1778-1841) bir görev verdi: Paris sokaklarında bir el arabası ile küçük *Mimosa pudica* bitkilerini taşıyacak ve davranışlarını anlatacaktı.

De Candolle, büyük Lamarck'ın isteğinden fazla etkilenmemiş bir biçimde, bir el arabasına doldurabildiği kadar çok sayıda küçük mimoza saksısını yüklemiş ve Paris'te bununla dolaşmaya başlamıştır. Yürüyüşü sırasında bir noktada, de Candolle alışılmadık yükü ile ilgili beklenmedik bir şey fark etti. Başlangıçta, tüm küstümotu bitkileri, aracın Paris'in taşları üzerinde hoplayıp zıplamasına cevap vererek yapraklarını kapatmıştı, ancak kısa süre sonra tüm bitkiler açıldı; titreşimlere alışmış görünüyorlardı.

Bu olayın açıklaması basitti ve kısa zamanda ortaya çıktı, de Candolle'un şaşkınlıkla fark ettiği gibi: Kısa sürede bitkiler arabanın sallantısının tehlikeli olmadığını öğrenmiş, böylece amaçsızca yapraklarını kapatarak enerji harcamayı bırakmışlardı.

Mimosa pudica'yı gözlemlemek tabi ki bitkilerin dokunma duyusuna sahip olduğuna ikna olmak için tek yol değil. Bitkilerin yapraklarının ya da çiçeklerinin yüzeyinde neler olduğunu algı-

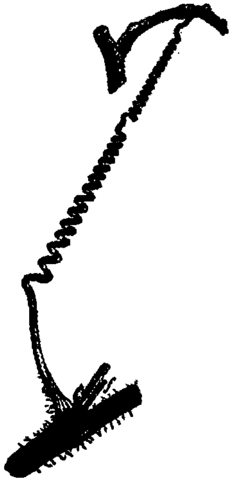
layabilme becerisinin güçlü bir örneği de etçil türler tarafından gösterilir. Daha önce gördüğümüz gibi, bunlar özel tuzaklar gibi iş görür. Peki, ne zaman tuzaklar çalışır? Mümkün olan tek anda; böcek yaprağın üzerindeyken. Etçil bitkiler kendilerine bir şey değdiği zaman açıkça bunu algılayabildiklerini ve bununla kalmayıp özel bir temasın neden olduğu türden dokunma hissini ayırt edebildiklerini gösterir.

Bu azılı etçillerinn yanı sıra pek çok bitkinin de aynı yeteneği gösterdiğini biliyoruz. Pek çok çiçek, tozlaştırıcı böcek tarafından ziyaret edildiğinde kapanma stratejisini benimser, onları tutsak eder ve ancak üzerleri polenle kaplandıktan sonra salıverir: Yine dokunma duyusuna gerek duyan bir davranış. Öyleyse şimdi soralım: Eğer bitkilerin üzerlerine bir şey konduğunda bilmelerini sağlayan pasif bir dokunsal kapasitesi olduğu kesin görünüyorsa, buna yanıt veren aktif bir kapasiteleri de var mıdır; yani, dışarıdaki nesnelere gönüllü olarak onlardan bilgi almak için dokunabilirler mi?

Bu soruyu cevaplamak için başlamanın en iyi yolu kökün davranışını değerlendirmektir. Her bitki, daha önce ve belirttiğimiz gibi, yerin içinde ilerleyebilen, besin ve su arayan, ardından bunlara yaklaşan (ya da muhtemel tehlikeli maddelerden uzaklaşan) milyonlarca köke (bazen yüzlerce milyon) sahiptir. Ya kök bir besin maddesine ya da suya yaklaşırken bir engel ile, örneğin bir taşla, karşılaşırsa ne olur? Büyümesi kesintiye mi uğrar? Yönünü önceden ayarlanmış bir doğrultuya (örneğin daima ışığın uzağına ya da yakınına) mı değiştirir? Kesinlikle hayır.

Laboratuar deneyleri gösteriyor ki kök engele "dokunuyor" ve büyümeye devam ederken onu geçmek için bir yol aramaya çalışarak etrafından dönüyor. Bu önemli işlev, en uç nokta olan ve daha sonra bölüm beşte ele alacağımız daha birçok inanılmaz yeteneğe sahip kök ucunun görevi. Böylece kök ucu ne tür bir şey oluğunu anlamak için engele dokunuyor ve anladığında buna göre hareket ediyor. Bu hususta kökün bunu yapabilme yeteneği kısmen içgüdüsel; eğer hissedemeseydi ve engellerin etrafından geçemeseydi, bitkiler taşlık topraklarda nasıl köklenebilirdi?

Fakat kökler dışında bitkinin geri kalanında dokunma nasıl işlev görüyor?

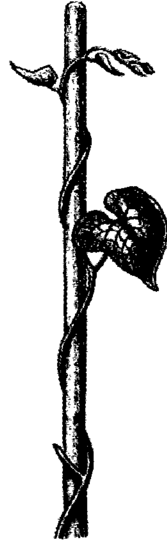


Şekil 3-5. Bryonia dioica tendrili.

Bitkinin toprak üstü kısımları için en iyi örnek elbette tırmanıcı bitkilerdir (ve sülük üreten tüm diğer bitkiler). Örneğin bezelye asmasını düşünün. Bu narin küçük bitki çok sayıda hassas sülük üretir, bu sülükler bir şeye dokunduğunda birkaç saniye içinde değdikleri nesnenin etrafına sarılma girişimi ile kıvrılırlar. Kendilerini büyürken en iyi destekleyecek olanı bulmak için etraflarındaki nesnelere dokunma ve ardından ona bağlanma davranışı çok sayıda bitkide görülür. Bitkilerin dokunma duyusu ile donanmış olduğu gerçeğinin daha iyi bir ispatı olabilir miydi?

Bu tür dokunma duyusu, bitki dünyasında çok daha popülerdir; son otuz kırk yılda, bu tür istatistikler tutulmaya başladığından beri, tırmanıcı bitkilerin sayısının gövdesi olan bitkileri geçerek sürekli arttığı hesaplanmıştır.

Bir an için, tırmanıcı bitkilerin büyük çoğunluğunun olduğu ekvatoral ormanın kalbinde yeni doğmuş bir bitki olduğunuzu hayal edin. Küçüksünüz ve göz korkutan bir görevle karşı karşıya kalıyorsunuz: ışığa ulaşmak. Hızlı bir hesaplama sizi, ışığa ulaşacak yeterince uzun bir gövde oluşturmak için yıllara ve muazzam enerji tüketimine ihtiyacınız olacağına ikna edecektir. Korktunuz mu? Bir seçenek daha var: Kestirme bir yol, tırmanıcı bitkiler tarafından



Şekil 3-6. Tırmanıcı bir bitki: Ipomea purpurea.

kullanılan yol. Az önce tarif edilen fedakarlıkları yapma niyetinde olmayan gerçek miskinler, tepeye çıkmak için kestirme yoldan giderek hali hazırda güçlü kuvvetli bir gövdeye tutunurlar ve kıymetli enerjilerini israf etmeden kısa sürede ışığa ulaşırlar. Tırmanıcı bitkilerin bu stratejisi bazı belli insan davranışlarından çok da farklı değil, ne dersiniz?

İşitme

Geldik bitkilerin en tartışmalı duyularından birine, kolektif hayal gücünü ateşleyen duyuya. Bir bitki bizi duyabilir mi? Eğer duyabiliyorsa onunla konuşmalı mıyız? Eğer bahçıvanlık yeteneğinize hiç meydan okuduysanız, kendinize bu soruları sormuşsunuzdur ve eğer evde denediyseniz muhtemelen bir cevabınız vardır. Çoğunluk, bitkiler onlarla konuştuğumda daha iyi büyürler, diyecektir. Diğerleri konuşmanın bitkide bir değişiklik yapmayacağını savunacaktır. Görünen o ki, her iki cevap da doğru olabilir ancak nedenini anlamak için bir adım geriye gitmemiz gerekir.

Öncelikle, bir bakıma bildiğimiz anlamda işitme duyusunu tanımlayan, duymamızı sağlayan mekanizmayı kısaca tarif edelim. İşitmeye tahsis esilmiş organ -çoğu hayvanda olduğu gibi insanda da- kulaktır. Seslerin aslında havada ses dalgaları olarak ilerleyen ve kulak kepçeleri tarafından yakalanan titreşimler olduğunu biliyoruz. Ardından kulak kepçeleri ses dalgalarını, titreşerek dalgaları seslere dönüştürmemizi sağlayan timpanuma -kulak zarına- yönlendirir. Kulak zarının fiziksel hareketi bilgiyi işitsel sinir boyunca beyne ileten elektriksel bir sinyale dönüşür. Böylece işitme, havayı birincil bir taşıyıcı olarak kullanır; hava olmadan (vakumlu bir ortamda), ses dalgalarının dönüşümü imkansız olurdu ve herhangi bir şey duyamazdık.

Hepimiz bitkilerin kulakları olmadığını biliyoruz. Ancak gerçeğin bu ifadesi bizi yanıltmasın: Şimdiye kadar bitkilerin gözleri olmadan gördüğünü, tat alma tomurcukları olmadan tat alabildiğini, burunları olmadan koklayabildiklerini ve hatta mideleri olmadan sindirebildiklerini gördük. Kulaklarının olmayışı neden onları işitmekten alıkoysun ki?

Burada yine evrim, bitkileri bizden ayırmada temel bir rol oy-

namıştır. İnsanlara başının yanlarında kulaklar vermiştir (her iki taraftan gelen ses dalgalarını yakalayabilmek için) çünkü çoğu diğer hayvan gibi ses dalgaları için havayı taşıyıcı olarak kullanırız. Ancak bitkiler sesi taşımak için farklı bir taşıyıcı kullanırlar: Toprak.

Bitkiler nasıl duyarlar? Dış kulakları olmayan tüm hayvanlarla aynı yolu kullanarak ve böyle çok hayvan vardır. Yılanlar, solucanlar ve diğer pek çok hayvanın kulakları yoktur, yine de duyarlar. Bu nasıl mümkündür?

İşitme becerileri, bitkilerde olduğu gibi, mükemmel bir titreşim iletkeni içinde evrimleşmiş olmalarından gelir. Amerikan yerlilerinin uzaktan gelen atları dinlemek için kulaklarını yere koydukları o filmleri hatırladınız mı? Bitkiler (ve yılanlar, köstebekler, solucanlar ve diğerleri) aynı tekniği kullanır.

Toprak, sesi o kadar iyi iletir ki duymak için kulaklara gerek kalmaz; bu bölümde daha önce dokunma konusunda bahsettiğimiz mekanohassas kanallar sayesinde titreşimler bitkinin tüm hücreleri tarafından yakalanır. Bitkilerde, işitme duyusu da yayılmıştır ve insanlarda olduğu gibi tek bir organda yoğunlaşmamıştır. Bitkinin tamamı duyma yetisine sahiptir, neredeyse sanki -toprağın altında ve üstünde- milyonlarca küçük kulakla kaplanmış gibi. Böylelikle bitkilerin diğer hisleri gibi işitmeleri de yarısı (en hassas yarısı) toprağa gömülü olarak yaşadıkları çevrenin zaruretlerine cevap olarak gelişmiştir.

Sonuçta, yerin içinde ya da yere yakın temasta yaşayan birçok hayvan gibi, bitki organizmaları da kulak ya da diğer özelleşmiş duyu organları geliştirmeye ihtiyaç duymamıştır çünkü onlarsız da gayet iyi duymaktadır.

Mekanohassas kanalların işlev görüşü basit bir örnekle açıklanabilir. Hiç bir diskoda bulundunuz mu? Eğer bulunduysanız, bedeninizin karın bölgesine yakın bir yerinde yoğun titreşimlerin yarattığı bir çeşit yankı hissetmişsinizdir. Duyamayan insanlar dahi bu çeşit bir sesi (genellikle sonuna kadar açılmış bastan) algılayabilir, çünkü vücutlarımız ses dalgaları ile titreşir. Eh, toprağı bitkiler için bir çeşit yirmi dört saat açık disko gibi hayal edin. Bitkiler tıpkı az önce tarif ettiğimiz gibi bir ses algısı kullanırlar fakat çok daha gelişmiş bir şekilde.

Yıllar boyunca laboratuarlardaki ve arazideki deneyler hep ilginç sonuçlarla bitkilerin işitme kapasitesini teyit etmeye çalışmıştır. Laboratuar deneyleri son zamanlarda sese maruz kalmanın bitkilerde genetik anlatımı nasıl ortaya çıkardığını göstermiştir. Arazide, Montalcino'da bir üzüm yetiştiricisi, LINV (Uluslararası Bitki Nörobiyolojisi Laboratuarı) işbirliği ve Bose (ses teknolojileri alanında lider bir şirket) finansal desteği ile üzüm asmalarını beş yıldan uzun süredir müzik eşliğinde büyütmüştür. Sonuçlar inanılmaz: Müzik uygulaması yapılan üzümler dinleyecek hiçbir şeyi olmayan asmalardan yalnızca daha iyi büyümemiş, aynı zamanda daha erken olgunlaşmış ve tat, renk ve polifenoller bakımından da daha zengin olmuşlardır.

Dahası, müzik böcekleri kafalarını karıştırarak uzak tutmuştu. Müzik kullanımı insektisit kullanımında etkili bir azalmayı mümkün kılmıştır ve yeni, devrimsel bir tarımsal biyoloji alanı ortaya çıkmıştır: Tarımsal fonobiyoloji. 2011 yılında bu proje EUBRA - Birleşmiş Milletlerin desteklediği Avrupa-Brezilya Sürdürülebilir Kalkınma Konseyi- tarafından, önümüzdeki yirmi yıl içinde "yeşil ekonomi"nin dünyasını değiştirecek yüz proje arasına dahil edilmiştir.

Bu gerçekten şaşırtıcı mı? Yıllardır müzik; inme, koma, epilepsi ve uyku bozuklukları çeken hastaların tedavisinde başarılı bir şekilde kullanılıyordu. Müzik rahatlamamıza veya çalışmamıza yardımcıdır; bizi heyecanlandırır ve duygulandırır, zevk veya rahatsızlık uyandırır. İnekler bile müzikten zevk alıyor gibi görünüyor (klasik müzik), bu noktada müzik ünlü Japon Kobe sığırının yetiştirilmesinde bir zorunluluk haline bile gelmiş. Modern müziğe gelince, bireysel bir spor yapan herkes özel bir şarkı listesinin dopingden çok daha iyi iş gördüğünü bilir ve zaten bu nedenden ötürü New York şehir maratonu da dahil olmak üzere uluslararası yarışmalarda kulaklık kullanımı yasaklanmıştır. Ancak sonuç ikna edici ve bitkilerde de bilimsel deneylerle gösterilmiş olmasına rağmen müziğin nasıl böyle bir etki yarattığını hala tam olarak anlamıyoruz. Açıkça görülüyor ki birini tercih etmek şöyle dursun, bitkiler bir tarzda müziği ötekinden ayıramıyor.

Açıkça belirtelim ki bitkinin büyümesini teşvik eden müziğin

çeşidi değil, müziğin ses dalgaları. Belli frekanslar, özellikle bas (100 ile 500 Hz arası) tohum çimlenmesini, bitki büyümesini ve kök uzamasını teşvik ederken, daha yüksek frekansların engelleyici bir etkisi bulunuyor.

Daha yakın zamanda bitkinin toprak üstü kısımlarında değil hipogeal kısımda (toprak yüzeyinin altında) yapılan deneyler köklerin çok daha geniş bir aralıktaki ses titreşimlerini algıladığını ve algılanan titreşimlerin kökün büyüme yönünü fonotropizma (Yunanca *phonos* "ses" ve *trepein* "dönme" kelimelerinden) adı verilen bir harekete bağlı olarak etkileyebildiğini gösterdi. Yani kökler de duyabiliyor ve ses frekanslarını ayırt etme yeteneğine sahip. Algıladıkları titreşimlerin tipine göre ses kaynağına yaklaşmaya veya ondan uzaklaşmaya karar veriyorlar. Köklerin titreşimleri algılamasının bitkiye ne faydası var? Henüz bilmiyoruz, ancak bu konudaki ilk tahminler davetkar ve burada bahsetmeye değer.

Birkaç yıl öncesine kadar bitkilerin topraktan taşınan titreşimleri duyarak bilgi alabildiği ancak ses üretemediklerinden bu bilgiyi kendilerinin farklı bölgeleriyle iletişim kurmak için kullanamadıkları düşünülüyordu. Ancak İtalya'da 2012'de yapılan bir çalışma köklerin ses ürettiğini gösterdi, ancak bunun hangi yolla olduğu henüz net değil.

Kökler tarafından üretilen seslere geçici olarak "tıklama" adı verilmiştir çünkü karakteristik bir biçimde "tıklama" gibi seslerdir. Büyük ihtimalle bu küçük tıklamalar hücrelerin büyümesi sırasında hücre duvarlarının -selülozdan yapılmış ve dolayısıyla görece sert- kırılmasının sonucu. Bitkiler tarafından bilinçli bir şekilde üretilmiyorsa da bu sesler son derece önemli olabilir. Tabi ki, bu buluş bitki iletişiminde yeni senaryolara yol açacaktır: Köklerin sesleri oluşturduğu ve algıladığı gerçeği, önceden bilinmeyen bir yeraltı iletişim yolunun varlığına işaret ediyor gibi.

Dahası 2012'de yayınlanan araştırma sonuçları, köklerin büyümeyi yönetmek adına toprağı etkin bir biçimde araştırmak için her bir bitkinin kök sisteminin kendi arasında bir çeşit iletişimini içeren, kolonilere özgü organize davranış ortaya koyduğunu gösteriyor. Kullanabilecekleri sınırlı alana sahip yer değiştiremeyen varlıklar için harika bir ayrıcalık! Kök sistemlerindeki koloni dav-

ranışları hakkında Bölüm 5'te daha ayrıntılı konuşacağız.

Eğer yeni keşifler köklerin kendi aralarında iletişim kurmak için sesleri kullanabildiği teorisini desteklerse, bitkiler hakkındaki fikrimiz bir kez daha tamamen değişecektir.

...Ve On Beş Başka Duyu!

Yani bitkilerin bizimkine benzer beş duyusu var: Görme, koklama, tat alma, dokunma, işitme. Duyusal açıdan bakıldığında bizden daha az gelişmiş olmaktan uzak, bize benziyor gibi görünüyorlar. Bu doğru değil: Onlar çok daha hassas ve bizim sahip olmadığımız en az on beş başka duyuya sahipler!

Bunlardan birkaçı tahmin etmesi kolay sebeplerden dolayı gelişmiştir. Örneğin bir bitki, toprağın nemini kesin bir biçimde ölçme yeteneğine sahiptir ve su kaynaklarını çok uzaklardan bile belirleyebilir. Toprakta ne kadar su olduğunu ve nerede olduğunu bulmakta çok faydalı olan bir çeşit higrometre (nem cihazı) (Yunanca *hygros* "nem" ve *metron* "ölçmek" kelimelerinden) kullanır. Bitki dünyasının, neden bizim gibi hareket halinde olan canlılar için çok daha az gerekli olan bu özel kapasite ile donanmış olduğunu hayal etmek kolaydır. Bitkiler başka olağandışı becerilere de sahiptir: Örneğin yerçekimini ve elektromanyetik alanları (ki bu büyümelerini etkiler) hissedebilirler ve havadaki ya da topraktaki sayısız kimyasal maddeyi tanıyabilir ve ölçebilirler.

Bu duyulardan bazıları köklerde yerleşmiştir, bazıları yaprakta ve diğer bazılarıysa tüm bitki organizmasına yayılmıştır, ancak asıl inanılmaz olan bu yeşil analitik laboratuarların gelişmişlik düzeyidir. Elbette, bir bitki köklerinden birkaç metre uzakta olduğunda bile büyümesi için önemli olan ya da zararlı olan kimyasal elementlerin iz miktarlarının yerini belirleyebilir ve tanıyabilir. Burnumuz çok daha az gelişmiş bir duyu organıdır! Bitkinin kökleri, bir besini algıladığında yönünü değiştirir ve ona ulaşana ve onu alana kadar büyür. Diğer taraftan, hem bitki hem de hayvan dünyası için tehlikeli olan kirleticiler veya kimyasal bileşikler (hepsi toprakta ne yazık ki artan miktarlarda bulunan kurşun, kadmiyum veya krom gibi) söz konusu olduğunda kökler en kısa zamanda uzağa hareket ederler.

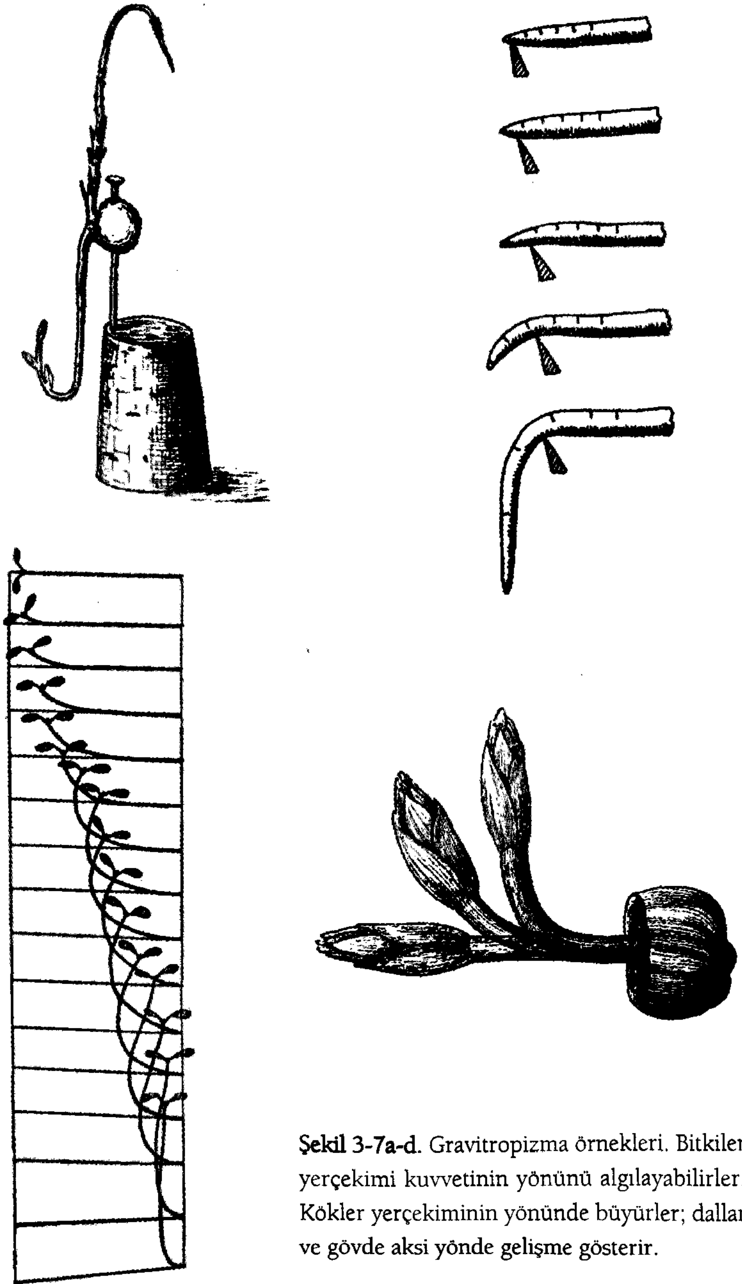
Bu tür beceriler neredeyse bir yüzyıldır doğru bakış açısından olmasa da gözlemlenmiş ve yakından çalışılmıştır. Doğru bakış açısından olmamasının sebebi bizim kültürümüzde bugün bile bitkilerin *hisseden canlılar olarak değerlendirilmemeleri* (yani algılama becerisinden yoksun olmaları), bunun yerine pasif, hissiz organizmalar, hayvanlara has tüm özelliklerden tamamen yoksun görülmeleridir. Yine de, bu yetenekler sayesinde, yetersiz anlayışımıza rağmen bitki dünyası bize pek çok paha biçilemez fayda sağlıyor.

Bitkilerin, çoğunluğu ilaç kodeksimizde kullanılan, on binlerce molekülü sentezlediğini gördük; bitkiler oksijen üretir ve en yaygın yapı malzemelerimizden birini sağlarlar (tahta); ve geçmişte, yüzyıllardır teknolojik gelişmemizi ayakta tutan enerji kaynaklarını (fosil yakıtlar) bile üretmişlerdir. Bunlar, gerçekten de gezegenimizi kirleticilerden temizlemek için bitkilerin tek kaynak olduğunu değerlendirmeden önce bile vazgeçilmez katkılardır.

Örneğin, trikloroetilen (TCE) gibi bir maddeyi ele alalım, plastik endüstrisinde kullanılan, endüstrileşmiş ülkelerdeki potansiyel su kaynaklarının yüksek bir yüzdesini kirleterek suyu insan tüketimine uygunsuz hale getiren organik bir çözücü. TCE, hemen hemen yok edilemezdir ve on binlerce yıl bozulmadan kalabilir, gerçek bir zehir ve tehlike canavarı; ancak bitkiler tarafından güvenli bir şekilde emilebilir ve klor gazı, karbondioksit ve suya dönüştürülebilir. Kısaca, yıkılabilir.

Bitkilerin insanlar için en tehlikeli (ve genellikle de insanlar tarafından üretilen) kirleticileri zararsız hale getirme ve toprakları ve suları kirleticilerden arındırmadaki olağanüstü yeteneği, fitoremediasyon denilen alanda geliştirilen çeşitli ıslah teknikleriyle kullanılıyor. Bu biyoteknoloji grubunun toprak ıslahı çözümleri yaratmada büyük ekonomik ve teknolojik potansiyeli var gibi görünse de, kullanımları hala ilksel evrelerinde.

Ancak bu nedenden ötürü, bitki türlerinin soylarının tükenmesine izin verdiğimiz oranda, muhtemelen gezegenimizi kirleticilerden etkin bir biçimde arındırmak için en makul fiyatlı ve çevresel etkisi olmayan kim bilir kaç keşfedilmemiş çözüm ve gelecek olasılıktan mahrum kalıyoruz.



Şekil 3-7a-d. Gravitropizma örnekleri. Bitkiler yerçekimi kuvvetinin yönünü algılayabilirler. Kökler yerçekiminin yönünde büyürler; dallar ve gövde aksi yönde gelişme gösterir.

Notlar

Etçil bitkilerin dünyasına giriş için, bakınız:

- D'Amato, P. *The Savage Garden.* Berkeley, CA: Ten Speed Press, 1998.

Suibriğinin sıra dışı dünyası üzerine bilgi için, aşağıdakilere bakınız:

- Clarke, C. *Nephentes of Borneo.* Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia: Natural History Publications, 1997.

-----, *Nephentes of Sumatra and Peninsular Malaysia.* Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia: Natural History Publications, 2001.

Mutlaka okunması gereken kitap Charles Darwin'in *Insectivorous Plants* eseri, başlangıçta John Murray (Londra, 1875) tarafından yayınlanmıştır; kitap şu anda Darwin Online sayfasında dijital olarak erişilebilir ve editörü John van Wyhe'dir, http://darwin-online.org.uk/.

Sinekkapan bitkisinin ilk yayınlanmış tasviri için, bakınız:

- Ellis, J. "Botanical Description of a New Sensitive Plant, Called Dionaea muscipula or Venus's Fly-trap, in a Letter to Sir Charles Linnaeus." *Directions for Bringing over Seeds and Plants from the East-Indies and Other Distant Countries, 35-41.* Londra: L. Davis, 1770.

Dijitalleştirilmiş kitap PDF olarak internette Hunt Institute for Botanical Documentation tarafından şu adreste yayınlanmıştır: http:// huntbot.andrew.cmu.edu/HIBD/Departments/Library/Ellis.shtml.

"Protokarnivorlar" üzerine, bu aydınlatıcı makaleye bakabilirsiniz:

- Chase, M. et al. "Murderous Plants: Victorian Gothic, Darwin and Modern Insights into Vegetable Carnivory." *Botanical Journal of the Linnean Society 161* (2009): 329-56.

Bitkilerin ses yapma becerileri için, bakınız:

- Gagliano, M., S. Mancuso, D. Robert. "Towards Understanding Plant Bioacoustics." *Trends in Plant Science 17,* no. 6 (2012): 323-25.

Bitkilerde kolonileşme davranışı için bakınız:

- Ciszak, M. et al. "Swarming Behavior in the Plant Roots." *PLoS ONE 7,*

no. 1 (2012). Doi: 10.1371/journal.pone.0029759.

Özel yer altı yaprakları ile topraktaki hayvanları yakalama becerisine sahip etçil bitkilerin keşfi çok yeni tarihlidir. Bu nedenle hala görece az sayıda kaynak vardır; bu konudaki ilk makale:

- Preira, C. G. et al. "Underground Leaves of Philcoxia Trap and Digest Nematodes." PNAS (Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America) (2012). www.pnas.org/content/early/ 2012/01/04/1114199109. abstract.

Gottlieb Haberlandt'ın "ocelli" teorisi için bakınız:

- Haberlandt, G. *Sinnesorgane im Pflanzenreich zur Perception mechanischer Reize*. Leipzig: Engelmann, 1901.

Almanca metin artık telif hakkı altında değil ve internet üzerinden indirilebilir: http://archive.org/details/sinnesorganeimp00habegoog.

BÖLÜM 4

Bitkilerde İletişim

Bitkilerin iletişim kurmayı öğrendiği bir gezegen hayal edin. Bu hayali dünyada bitkiler, bilgi alışverişi yapabiliyor ve hatta hayvanlar tarafından, en gelişmiş hayvanlardan olan insanlar da dahil, anlaşılmalarını sağlayabiliyor. Bu gezegende, bitkiler hayvanlarla kendi dillerinde "konuşmayı" öğrenmiş ve ihtiyaçları olan yardımı almak için ikna edici bir şekilde tartışabiliyorlar.

Keşiflerini kendi organizmalarının ötesine genişletmek için diğer bitkiler ve belli hayvanlarla bir bilgi ağı kullanıyorlar. Küçük hizmetleri ve gerektiğinde, özellikle de yer değiştiremedikleri için kendilerini otçul yırtıcılardan korumak zorunda olduklarında başka canlıların yardımını nasıl elde edeceklerini biliyorlar. Aynı zamanda üremek için ve çevreye kendi soylarını yaymak için yardım alıyorlar.

Bildiğimiz en sessiz, pasif ve savunmasız organizmaların -bitkilerin- sözünü geçirdiği ve hayvanların, en küçük kök solucanlarından insanlara kadar, hayatlarını bir nevi organize ettiği bir dünya hayal edebiliyor musunuz? Bu gezegen zaten var: Dünyaya hoş geldiniz.

Bitki İçindeki İletişim

Orada Kimse Var Mı?

Bir bitki kendi içinde iletişim kurar mı? Öncelikle farklı bir soru

soralım: Bu yetiye sahip olmak bir bitkiye nasıl fayda sağlayabilir? Bu soruya cevap vermeye çalışmak, köklerin yapraklarla ve yaprakların köklerle iletişim kurma yeteneğini anlamamıza yardımcı olacaktır.

Bitkiler duyularıyla çevreleri hakkında bilgi toplar ve dünyaya uyum sağlarlar. Bitkiler düzinelerce farklı değişkeni ölçebilir ve çok miktarda bilgiyi işleyebilir. Ancak yaşayan bir organizma için bilgisayardan farklı olarak sonsuz miktarlarda bilgi toplamaktansa bu bilgiyi uygulamaya koymak daha önemlidir.

Örneğin diyelim ki bir bitkinin kökleri toprakta artık su kalmadığını tespit etti, ya da yaprak bir otçulun saldırısına uğradıysa? Bu tür durumlarda, bitkinin kalanının bilgilendirilmesi asıl gerekli şeymiş gibi görünüyor. Gerçekten de, bilginin aktarılmasında en ufak bir gecikme tüm organizmanın hayatta kalışını tehlikeye sokabilir. Bu haberlerin iletilmesi gerçekten vazgeçilmez, fakat buna iletişim diyebilir miyiz?

Bunu cevaplamak için "iletişim" ile neyi kastettiğimizi tanımlamakla başlayalım. Herkes bu kelimenin anlamını bilir, ancak bazen, herkes tarafından kullanılsa dahi, hepimizin aynı anlamda kullandığından emin olmak için, bir kelimeyi yeniden tanımlamak faydalı olabilir. En genel tanımlarından birinde, *iletişim* bir mesajın göndericiden alıcıya geçişine işaret eder. Böylece iletişim için üç şey gerekir: Bir mesaj, bir gönderici ve bir alıcı. Bu ilksel iletişim modelinde, iki öznenin (gönderici ve alıcı) farklı organizmalarda bulunması zorunluluğundan bahsedilmez ve hatta bizim kendi vücudumuzun işleyişi -yaşayan tüm diğer canlılarda olduğu gibi- aynı organizmanın farklı kısımları arasında iletişimin varlığını açıkça gösteriyor. Örneğin ayağımızı çarpar ve acı hissedersek, bu ayağımızla beynimiz arasındaki iletişimin bir sonucudur. Aynı şekilde yumuşak bir şeye dokunur ve keyif hissedersek bu da elimizden dokunma hissinin beyne iletimi ile mümkün olmuştur. Açıkça görülüyor ki, herhangi bir hayvanda, vücudun farklı kısımları mesaj iletme kapasitesine sahip.

İletişim tüm canlılar için yaşamsal öneme sahip: tehlikeden kaçınmamıza, deneyimleri biriktirmemize, kendi vücudumuzu ve çevremizi anlamamıza olanak sağlar. Bu basit mekanizmanın

bitkilerde reddedilmesi için bir sebep var mı? Belki de sebep bitkilerin beyni olmamasıdır? Gerçekte, beyni olmayan bir organizmanın kendi içinde mesaj iletememesi için bir neden yoktur ve aslında çok yakında göreceğimiz üzere bitkiler bu konuda son derece iyidirler. Bunun olmasını imkansız gösteren bazı teknik engeller olduğu doğrudur. Bitkisel organizmalar, normalde, hayvanlarda bilgiyi merkezi sistemden perifere aktaran elektrik sinyallerinin iletimine adanmış biyolojik yapılara sahip değildirler. Başka bir deyişle bitkilerin sinir sistemi yoktur. Buna rağmen, bir mesajın aktarımı, hayvanlar için olduğu kadar bitkiler için de temel bir ihtiyaçtır ve eşit derecede aciliyeti olabilir.

Köklerden gelen bilgi, yapraklardan gelen gibi, tüm organizma için gereklidir ve bitkinin hayatta kalması için hızlı bir biçimde aktarılmalıdır.

Bitkilerin Damar Sistemi

Bilgiyi vücudunun bir parçasından diğerine taşımak için, bitki elektriksel sinyallerin yanında hidrolik ve kimyasal sinyaller de kullanır. Bu nedenle kimi zaman birbirine tamamlayıcı olan ve hem kısa hem de uzun mesafelerde işlev görerek aynı bitkinin birkaç milimetre kadar yakın veya düzinelerce metre uzağındaki kısımlarını birbirine bağlayan üç bağımsız sisteme sahiptir. Bu sistemlerin nasıl çalıştığına kısaca göz atalım.

Elektriksel sinyallere dayanan ilk sistem, en çok kullanılanlardan biri ve uygulamada bitkiler için belli bazı yönlerden "kişiselleştirilmiş" olsa da hayvanlar ve insanlar tarafından kullanılan elektriksel sistemle aynı. Örneğin, bitkilerin sinir sistemine sahip olmadıklarını zaten söylemiştik; yani hayvanların sinirsel tepi oluşturmak için kullandıkları, elektriksel sinyalleri iletmeye ayrılmış dokuları yoktur. Bu oldukça büyük bir sorun teşkil ediyor gibi görünebilir: Bu amaç için tasarlanmamış dokular olmadan sinyaller nasıl iletilebilir? Bitkiler oldukça işlevsel bir çözüm bulmuş: Kısa mesafeler için, sinyaller bir hücreden diğerine hücre duvarlarında bulunan ve plazmodezma (Yunanca *plasma* "yapı" ve *desma* "bağlantı" kelimelerinden) adı verilen basit açıklıklar aracılığıyla geçer; uzun mesafeler için (örneğin köklerden yap-

raklara) ana iletim sistemini kullanırlar.

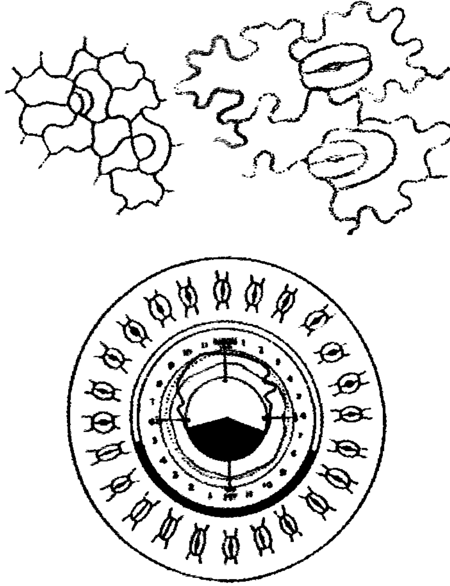
Ne? Bitkilerin kalbi yok ama bir iletim sistemleri mi var? Evet: hayvanlar gibi bitkiler de asıl olarak maddeleri organizma içinde bir noktadan diğerine taşımakla görevli olan ve merkezi bir pompaya (yani daha önce bahsettiğimiz eşsiz organlardan kaçınma gerekliliği ile bağlantılı olarak kalpten yoksun) sahip olmayışının dışında bizimkine çok benzer gerçek bir iletim sistemi gibi çalışan bir hidrolik sistemle donanmıştır. Böylece bitkilerin, sıvıları aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya taşımasına izin veren dolaşımı sağlayan bir donanımı vardır: Akış aşağıdan yukarı gittiğinde *ksilem* ve yukarıdan aşağı gittiğinde *floem* adını alan bir tür arterler ve damarlar sistemi. Ksilem (Yunanca */i/xulon/i/* "odun" kelimesinden) başlıca su ve mineral tuzları (aynı zamanda başka maddeleri de) köklerden bitkinin tacına taşımak için özelleşmiş geçirgen bir dokuyken, floem (Yunanca */i/phloios/i/* "kabuk" kelimesinden) diğer yönde çalışan, yapraklarda fotosentez ile üretilen şekerleri meyveye ve köklere taşıyan dokudur.

Bu dolaşımın amacı, kökler tarafından alınan suyun yapraklar tarafından terleme ile büyük miktarlarda kaybedildiğini ve bu nedenle sürekli yenilenmek zorunda olduğu göz önünde bulundurduğumuzda kolayca anlaşılabilirdir; bir yandan da fotosentez aracılığıyla üretilen şekerler -bitkinin enerjisinin ana kaynağı- sürekli olarak üretim yerinden (yapraklar) organizmanın diğer kısımlarına taşınmak zorundadır.

Bu karmaşık damar sistemi vasıtasıyla elektriksel mesajlar kolayca ve oldukça hızlıca, sanki iletken bir solüsyonla doldurulmuş bir tüpteymiş gibi dolaşır. Kimyasallarla iletilseydi hedeflerine varmaları son derece uzun zaman alacak sinyaller, toprağın su durumu gibi acil mesajlar getirerek kökler ve yapraklar arasında kısa sürede seyahat edebiliyor. Yalnızca birazcık su mu var, yoksa çok miktarda mı? Yapraklar, etkili uyarılarla, duruma uyum sağlayacaktır.

Stomalar

Elle tutulur bir örneğe gelmeden önce yaprakların yüzeyindeki (genellikle alt yüzeylerindeki) özel yapılar olan, stomaların (Yunanca *stoma* "ağız", "açıklık" kelimesinden) çalışmasına bakalım.



Şekil 4-1. Stomaların yapısı (üstte). Yüzeylerindeki bu küçük açıklıklar sayesinde yapraklar fotosentez için ihtiyaç duydukları karbon dioksiti içeri alırlar ve su buharını dışarı verirler. Normal şartlar altında stomaların açılma ve kapanma döngüsü (altta) ışık varlığı ve yoğunluğu ile kontrol edilir.

Bu küçük açıklıklar bitkinin içiyle dışarıyı iletişime sokar, tıpkı bizim derimizdeki gözenekler gibi. Her bir stomayı düzenleyen, bitkisel organizmanın o anki su ve ışık durumuna göre stomayı açan veya kapayan iki "bekçi hücresi" bulunur.

Stomaların görevi göründüğünden çok daha karmaşıktır. Aslında, bitkinin farklı ihtiyaçlarını dengelemek, basit olmaktan çok uzaktır: Bir taraftan karbondioksit (CO_2, fotosentez yapılması için gerekli) stomalardan girdiği için bitkinin onları açık tutmak için çok geçerli sebepleri var gibi görünür- en azından gün ışığının olduğu saatlerde; ancak diğer taraftan stomalar açıkken bitki terlemeyle çok yüksek miktarlarda su kaybeder.

Her bitki, gerçek bir ikileme cevap vermek zorundadır: Stomaları açık tut ve bunun anlamı büyük miktarda su kaybetmek olsa dahi fotosentezle hayatta kalmak için gerekli olan şekerleri

üret; ya da onları kapatarak ihtiyacın olan suyu fotosentezi durdurma pahasına koru. Bu o kadar zor bir soru ki, bitkinin doğru kararı nasıl alabildiğini anlayabilmek için, bitkilere uyguladıklarında biraz yersiz görünseler de "ortak dinamikler" veya "yeni dağıtılmış işlem" gibi kavramlara başvurulmuştur.

Yine de, bitki bunu yapıyor. Kesin olan şey, bitkinin her ikisi de hayatta kalması için çok önemli olan şeker üretmek ve su kaybetmemek mecburiyetleri arasında bir uzlaşmaya varıyor olması. Bir örneğe bakalım: Yaz güneşi güçlü ışınlarıyla güneş panellerimiz için olduğu kadar fotosentez için de değerlidir. Ancak daha çok günışığına maruz kaldığında daha çok enerji üreten güneş panellerinin aksine bitki, yalnızca ışığı değil su kaynaklarını da hesaba katmak zorundadır. Bu yüzden öğle saatlerinde -en sıcak zamanlarda- müthiş bir fotosentez imkanını kaçırsa da bitki stomalarını kapatır. Böyle yaparak bitki kendisini aşırı su kaybından korur.

Bir ağaç düşünün (örneğin bir meşe ya da çok uzun bir sekoya), kökleri aniden toprakta yeterince su olmadığını fark etsin. Bu gerçeği yapraklara söylemek artık hayati öneme sahip: Eğer stomalar açık kalmaya devam eder ve suyu terlemeyle kaybetmeye devam ederse bitki çok kısa bir süre içinde ölebilir. Çok ölümcül bir tehlike! Bu yüzden bu mesaj ağacın yaşaması için çok önemli ve hızlı iletilmek zorunda.

Bunu hızlandırmak için ilk seçenek olarak bitki kısa sürede yapraklara ulaşarak stomaların kapanmasını sağlayan bir elektrik sinyali üretir. Elektrik sinyali ile aynı anda damar sistemi boyunca ilerleyen ve yapraklara ulaşması daha uzun zaman alan kimyasal/ hormonal sinyaller de gönderilir. Bu sinyaller, bizim dolaşım sistemimizdeki kimyasallar ve hormonlarla aynı şekilde ilerler ancak bitkilerde kan akışı tarafından değil bir besin çözeltisi tarafından taşınır. Çok uzun bir ağaçta, bu yolculuk birkaç gün sürebilir! Ancak kimyasal/ hormonal sinyallerin varışı yaprakların daha eksiksiz bir bilgi alacağını garantiler.

Bir Yerlerde Bir Sızıntı Var!

Hidrolik sistem (damar sistemi) aynı zamanda başka türden mesajların taşınmasında da son derece faydalıdır. Bir bitkisel orga-

nizmayı kapalı bir sistem gibi düşünün. Hiç, bir dal, yaprak ya da çiçek sapını kestiniz veya kırdınız ve yaradan bir sıvı geldiğini fark ettiniz mi? Ani doku kaybı bitkide küçük bir hidrolik hataya sebep olur ve bu da organizmaya basit ama önemli bir mesaj verir: Dikkat! Bir yerde bir sızıntı var! Böylece uyarılmış olarak, bitki derhal kaybın yerini belirlemek için harekete geçer ve yara bölgesinde bir kabuk oluşturur.

Yani, gördüğümüz gibi iç sinyalizasyon sistemlerinin üçü tamamlayıcıdır. Uzun ve kısa mesafelerde iş görebilir ve çok sayıda bilgi tipini taşıyabilirler ve her biri bitkiyi canlı ve dengede tutmaya katkı sağlar. Bu açıdan da bitkiler bizden çok da farklı değil.

Yine de, benzerliklere rağmen bitkinin içsel iletişim yolları hayvanlarınkinden tamamen farklı bir yapıdadır. Hayvanlar tüm sinyallerin yönlendirildiği merkezi bir beyne sahipken bitkiler - modüler ve tekrarlı yapısına istinaden - çok farklı türden bir sinyal idaresi yapmalarına izin veren çok sayıda "bilgi işleme merkezleri"ne sahiptir.

Biz insanlar, ayağımızdan gelen bir mesajı elimize ya da ağzımıza yönlendiremeyiz: Tüm sinyaller çok az istisna ile öncelikle beyin tarafından değerlendirilmek zorundadır. Ancak bitkiler, yalnızca köklerinden taca ve taçtan köklere değil, aynı zamanda bir kökten diğerine ya da bir yapraktan diğerine de iletişim kurabilirler. Zekaları dağıtılmıştır! Merkezi bir işleme merkezi olmaması demek, bir bitkide bilginin her zaman aynı yolu izlemeye ihtiyacı olmaması demektir; bunun yerine, bilgi tam da ihtiyaç duyulan yere hızlı ve etkili bir şekilde gönderilebilir.

Bitkiler Arası İletişim

Bitki Dili

Bitkilerin duyularına dair incelemede birbirleriyle havaya ya da suya yaydıkları, çeşitli bilgi tiplerini içeren binlerce kimyasaldan oluşan gerçek bir dil aracılığıyla iletişime geçebildiklerini görmüştük (bakınız bölüm 3). Bu molekülleri yayma bitkinin tercih ettiği iletişim biçimidir, tıpkı hecelenmiş sesler çıkarmanın insanlar tarafından tercih edilmesi gibi. Fakat biz aynı zamanda el kol

hareketleri, yüz ifadeleri, duruş ve beden dili ile de iletişim kuruyoruz: Türden türe değişse de başta gelişmiş hayvanlarda olmak üzere pek çok hayvan arasında var olan bir iletişim sistemi.

Ya bitkiler? Onlar da kendi aralarında dokunarak (genellikle kökleriyle ama bazen aynı zamanda toprak üstü kısımlarıyla da) ya da komşularına göre belli şekillerde kendi duruşlarını ayarlayarak iletişim kurabilirler. Bu, rekabette olan bitkilerde, ışığı yakalama yarışını kazanma çatışmasında birbirlerine göre farklı pozisyonlar aldıkları "gölgeden kaçma" sırasında olan şeydir.

"El hareketleri" ile iletişime bir başka örnek de Fransız botanikçi Francis Halle (d. 1938) tarafından "tepe utangaçlığı" olarak adlandırılan olaydır. Ne var ki, bazı ağaçların birbirlerine çok yakın büyüseler dahi birbirlerinin tepe tacına değmekten kaçınma eğilimine dair bu olgu tüm türlerde görülmez. Ağaçlar genellikle tepe taçlarını birbirine karıştırma konusunda hiç de çekingen değillerdir. Ancak en yaygın birkaç tanesini anmak gerekirse Fagaceae (Kayıngiller), Pinaceae (Çamgiller) ve Myrtaceae (Mersingiller) ailelerinin bazı türleri oldukça tutucudurlar ve bu tür birbirinin içine girme hareketlerini hoş karşılamazlar. Çam ormanına bir girin ve yukarı bakın. Ağaçlar tepe taçlarının birbirine asla değmemesini sağlamayı başarmıştır ve kendi yapraklarıyla komşularınınkiler arasında bir miktar boş alan bırakmış, böylece hoş karşılanmayacağını var sayabileceğimiz bir temastan kaçınmışlardır. Neden ve nasıl olduğu bilinmese de bu olgu tepe taçlarının birbirlerini kendi varlıklarından ortak bir şekilde haberdar ettikleri ve birbirlerini rahatsız etmemek adına bir çeşit bölge bölüşümü (bu durumda, hava ve ışık bölgesi) kararı aldıkları bir tür sinyal tipinin varlığına işaret eder.

Bitkiler Kendi Soyundan Olanı Tanır

Bitkiler pek çok anlamda etkileşimdedir ve etkileşimleri farklı kişilikler sergiler. Bazı türler diğerlerinden daha az ya da çok rekabetçi, daha çok ya da daha az saldırgan, işbirliğine yatkın, çekingen midir? Elbette. Ancak hepsi bu değil. Bitkilerin hayvan dünyası ile benzerlikleri, anatomik açıdan pek fazla olmasa da davranışsal alanda oldukça fazladır. Bu şaşırtıcı olmamalı: Tüm

canlı varlıkların aynı temel hedefleri vardır ve muhtemelen bunların elde edilmesi de bazı yönlerden benzerdir. Ancak hayvan ve bitki davranışı arasındaki gerçek yakınlığa rağmen, bir konu kaçınılmaz olarak hariç tutuluyor gibi görünüyor: Aile. Gerçekten de bitkilerin ailesi yoktur. Aynı hayvan türünün bireyleri arasında görülen bağ gibi bir şey yoktur. Yoksa var mıdır?

Bitki dünyasında akrabalık ya da kabile kavramı bulmayı beklemeyiz; bu kavramları insanlar ve diğer gelişmiş hayvanlar gibi çok evrimleşmiş türlerle ilişkilendirme eğilimimiz vardır, ancak asla bitkilerle değil. Gel gelelim... bitkiler kesinlikle akrabalarını tanıyabilir ve genel olarak onlara karşı yabancılara olduklarından çok daha arkadaş canlısıdırlar. Bitkilerin bu beceriyi neden geliştirdiğini anlamak için kendimize bu özelliğin neye faydası olduğunu sormamız gerekir. Bu, yerinde bir sorudur çünkü doğada hiçbir beceri sebepsiz yere gelişmez, aile bağlarının tanınması da buna dahil. Genetik benzerliğin yüksek olduğu bireyleri tanıyabilme, tüm türler için önemlidir ve akıl almaz evrimsel, davranışsal ve ekolojik fırsatlar sağlar. Örneğin: Bu yetiye sahip organizmalar akrabalarına karşı savaşarak enerji tüketmeden, kendilerini sadece düşmanlara karşı savunarak bölgelerini daha iyi idare eder; yakın akrabalarla üremeye girmekten kaçınabilir ve hepsinden önemlisi kendilerine genetik olarak benzeyen bireylerin başarılarından dolaylı olarak fayda sağlayabilirler.

Bu avantajları tam olarak anlamak için, doğada hayatın asıl amacının kendi genetik mirasını, yani kendinin ve yakın akrabasının: Ebeveynlerinin, kardeşlerinin ve çocuklarının, korumak olduğunu aklımızda tutmamız gerek. Bunlardan biriyle rekabete girmek tam bir enerji kaybıdır! Zorlu durumların üstesinden gelmek, genlerimizi bir sonraki nesle aktarmak için birlikte çalışmak ve güçlerimizi birleştirmek çok daha iyidir. Bu açıdan bakıldığında akrabasını tanıma becerisi büyük bir avantaj; ancak bitkilerin genetik akrabalığının derecesine göre diğer bitkilere farklı davrandığından emin miyiz?

Hayvan krallığında bu tanıma süreci duyulardan faydalanır: Görme, duyma, koklama ve hatta bazı durumlarda tatma. Bitkilerde bu tanıma işlemi, kökler ve muhtemelen yapraklar (ancak

yapraklar konusunda araştırmalar henüz kesin bir sonuç vermemiştir) tarafından salınan kimyasal sinyallerin değiş tokuşu vasıtasıyla gerçekleşir.

Bitkiler yerleşiktir, daha önce belirttiğimiz gibi: Tekrar edilmeye değer bir nokta, çünkü hayvanlardan ana farkları budur. Doğdukları yerden ayrılamadıklarından bitkiler açıkça görülüyor ki belirli bir bölgeye ait organizmalar olarak evrimleştiler ve bölgelerini koruma kapasiteleri de tüm hayvanlardan daha büyük olmak zorunda. Bitkiler amansız savaşçılardır ve neden öyle olduklarını anlamak zor değildir. Bir diğerine göre hoş olmayan bir durumdaki hayvan her zaman gidip başka bir yerde yaşayabilir. Bitkinin böyle bir seçeneği yoktur ve çevresindeki kaynakları aynı bölgede, bazen yalnızca birkaç santimetre ötede, var olan diğer canlılarla paylaşmayı kabullenmek zorundadır. Fakat bunun anlamı onların varlığını öylece kabullenmek demek değildir; tam tersine, tüm davetsiz misafirlere karşı savunulması zorunlu olan kendi alanı için daimi bir mücadele demektir. Bir bitki, alanını enerjisinin çoğunu toprakaltı kısmına yatırarak korur. Çok yüksek miktarda kök geliştirerek toprağı askeri kuvvetler gibi işgal eder ve toprağın üzerinde komşularına karşı hak iddia eder. Ancak her zaman değil: Eğer komşu bitkiler aynı kabilenin parçası ise, yani akraba ise, rekabete girmeye gerek yoktur ve kökler toprak üstü kısımların yararı için olan minimum düzeyde tutulabilir.

2007 yılında basit ama önemli bir çalışma bu türden bir ailevi davranışa ışık tuttu. Bu deneyde, aynı bitkiden otuz tohum bir saksıda yetiştirilirken diğerinin aynısı bir başka saksıda farklı bitkilerden otuz tohum yetiştirildi. İki saksıda büyüyen genç bitkilerin davranışlarını gözlemlemek, daha önce yalnızca hayvanlarda görüldüğü düşünülen birkaç evrimsel mekanizmanın keşfini sağladı. Farklı annelerden gelen otuz bitki beklendiği şekilde davranarak, diğer bitkilerin zarar görmesi pahasına kendilerine yeterli besin ve suyu garantileme ve bölgeyi hakimiyeti altına alma girişimi ile çok sayıda kök üretti. Ancak aynı anneden gelen otuz tohum, onlar da kendilerini sınırlandırılmış bir alanda birlikte yaşıyor bulmuş olmalarına rağmen, çok daha az sayıda kök üreterek yalnızca toprak üstü kısımların yararına çalıştı. Onların du-

rumunda gözlemlenen şey genetik yakınlıklarına bağlı rekabetsiz eylemdi. Bu çok önemli bir buluştu: Bitkilerin basmakalıp ve tekrarlanan mekanizmalar gösterdiği geleneksel düşünce biçimini (komşu bitki = savunma gereksinimi ve bölge için rekabet), akrabalık da dahil olmak üzere farklı faktörleri de göz önüne alan çok daha karmaşık bir değerlendirme ile değiştirdi. Görünen o ki bitki, potansiyel bir rakibe saldırmadan ya da savunmaya geçmeden önce bakıyor ve eğer genetik bir yakınlık tespit ederse rekabet etmek yerine işbirliği yapmayı seçiyor.

Bencillik ya da Özgecilik: Hangisi Daha Faydalı?

Evrimsel bakımdan hangisi daha karlı- "bencil" dediğimiz davranış biçimi mi, yoksa "özgeci" dediğimiz mi? Jüri hala bu soruyu tartışıyor. Kurulan sayısız benzetim ve modelden hiçbiri bitki dünyası için uygulanabilir görülmemiştir. Bitkilerin akrabalarına yönelik özgeci davranış benimsemesi aydınlatıcı bir bilgi çünkü her ikisi de devrim niteliğinde iki olasılık açıyor: Ya bitkiler bizim sandığımızdan çok daha gelişmiş organizmalar ve bu nedenle özgeciler; ya da özgecilik ve işbirliği aslında ilkel yaşam formları ve zaferin her zaman güçlü olana gittiği saf rekabet hep gelişkindi. Her iki durumda da kökler vasıtasıyla iki bitki arasında gerçekleşen iletişimin kesin bir evrimsel amacı olurdu: Yabancıları akrabalardan ve düşmanları dostlardan ayırt edebilmek.

Köklerin davranışı üzerine olan konumuza dönersek (köklerin özel yetilerini bir sonraki bölümde detaylı bir şekilde inceleyeceğiz), kökler yalnızca diğer bitkilerle değil rizosfer denilen (Yunanca *rhiza* "kök" ve *sphaira* "sphere" kelimelerinden) yerde yaşayan tüm organizmalarla -burası bitkilerin temas halinde olduğu ve pek çok farklı yaşam formuna ev sahipliği yapan toprak bölgesidir- iletişim kurabiliyor gibi görünüyorlar. Toprağın durağan bir alt katman olduğu oldukça yaygın bir yanlış kanıdır; aksine, toprak yaşayan ve kalabalık bir ortamdır. Mikroorganizmalar, bakteriler, mantarlar ve böcekler bitkilerle iletişim ve işbirliği sayesinde dengede duran özel bir ekolojik niş oluşturur.

Çok yaygın bir örnek mikorizanınkidir (Yunanca *mykes* "mantar" ve *rhiza* "kök" kelimelerinden) - mantarın yediğimiz ya da

ormanda sık sık karşılaştığımız vejetatif kısmı ile pek çok bitkinin kökleri arasında toprak altında gerçekleşen özel bir simbiyotik form. Belli durumlarda mantar, bitkinin hücrelerine nüfuz ederek bitki etrafında bir tür kılıf oluşturur. Bu tür simbiyotik etkileşim "mutualistik" adını alır çünkü her iki organizma için de fayda sağlar: Mantar, fosfor da (hiçbir zaman toprakta yeteri kadar bulunmayan bir element) dahil mineral elementler için gerekli kökleri sağlar ve karşılığında enerji kaynağı olarak kullandığı, bitkinin fotosentez sonucu elde ettiği şekerin bir kısmını alır.

Ancak son derece uygun görünen bu ilişkide, kaba sürprizler olabilir. Sorun şu ki, tüm mantarlar işbirliği ve barışçıl niyetlere sahip değildir: Bazıları patojendir ve besin almak için köklere bağlanırken bu süreçte kökü parçalar. Bu yüzden bitkinin, hangi türde bir mantarın kendisiyle ilişki kurmaya çalıştığını ayırt edebilmesi ve buna göre davranması gerekir. Fakat dost bir mantar düşmandan nasıl ayırt edilebilir? Tanıma süreci, mantar ve kök arasındaki kişisel niyetlerini açıklayan sinyallerin alış verişinden ibaret, gerçek bir kimyasal diyalogla gerçekleşir. Eğer bitki mantarın düşmanca planları olduğunu algılarsa karşıtlık sergileyecektir. Diğer taraftan uygun tanışmalarının ardından, bitki mantarın iyi niyetli mikorizal bir mantar olduğunu anlarsa her ikisi için de son derece faydalı olan bu simbiyotik ilişkinin kurulmasına izin verecektir.

Bir Arkadaş Olarak Bakteri

Bitki iletişimine dayanan ortak faydalı simbiyoza bir başka örnek de baklagiller ve azot tutan bakteriler arasındadır. Birkaç diğeri ile birlikte bu mikroorganizmaların canlılar için olağanüstü faydalı olan bir yetisi vardır: Atmosferik azotu, gaz halindeki azotu oluşturan (N2) iki atom arasındaki kuvvetli bağı kırmak suretiyle bağlayarak amonyuma (NH3) dönüştürürler.

Azot, toprağın verimliliğindeki temel elementtir (bu yüzden çoğu gübre azot bileşiklerini temel alır) ve soluduğumuz havanın yüzde sekseni azot gazı olmasına rağmen bu gaz atıldır ve bitkiler ya da bahsettiğimiz azot bağlayan bakteriler gibi birkaç mikroorganizma dışında hiçbir canlı tarafından kullanılamaz. Bu bakte-

riler dediğimiz gibi, gaz halindeki azotu, bitkiler tarafından kolayca emilen amonyak gibi azot formlarına çevirirler. Tesir itibarıyla, doğal gübrelerdirler! Karşılığında bakteriler köklerin içinde ideal büyüme ortamını ve bol bol şeker bulurlar; ortak faydanın yine iletişim ve tanımaya dayanan bir başka hikayesi. Gerçekte her bakteri bitkiler tarafından hoş karşılanmaz; çoğu bakteri, bitkilerin onlara karşı yıkılmaz engeller inşa ettiği korkutucu patojenlerdir. Azot bağlayan bakteri, içeri kabul edilmeden önce köklerle uzun ve karmaşık kimyasal bir diyalog başlatır. Bu "sohbet" daima bakteriden gelen, NOD faktörü adında şifre gibi bir sinyalin salınmasıyla başlar. Bu sinyalin bitki tarafından tanınması, bitkinin bakteriye köke ücretsiz giriş sağlamasındaki ilk adımdır.

Az önce anlatılana benzer simbiyoz örneklerinin hepsi simbiyontlar (simbiyozdaki iki ortağın anıldığı şekliyle- bizim örneğimizde bakteriler ve baklagiller) arasındaki yakın iletişime dayanır ve eğer canlılar arasındaki işbirliği uzun zamandır yerleşmiş bir uygulama olmasaydı gerçekleşemezdi. Aslında bu olgular özellikle bitki dünyasıyla ya da az gelişmiş organizmalarla sınırlı değildir. Aksine, bu simbiyotik ilişkilerin bazıları öyle oturmuştur ve öyle önemlidir ki bizim kendi yaşamımızın temelini oluşturur.

Bir örneğe bakalım: Mitokondriler hücrelerimizin (aslında daha çok tüm hayvanların ve tüm bitki hücrelerinin) enerji merkezidir. Bu organeller her bir hücrenin içerisinde yerleşmiş olmasaydı, gelişmiş yaşam formları hayal dahi edilemezdi. Eh, son çalışmalar mitokondrilerin de simbiyozisin bir sonucu olduğunu öne sürüyor; bu durumda, hücreler ve güçlü bir oksidatif metabolizmaya sahip (başka bir deyişle enerji üretme yeteneğinde) ilkel bakteriler arasında bir simbiyoz. Bakteriler ve hücreler her iki tarafa da fayda sağlayan bir ortak yaşama girerler (bakteriler hücre için enerji üretir ve karşılığında hayatta kalmaları için gerekli olan ne varsa elde ederler) ve bir noktadan sonra hücrelerin bünyesine dahil edilirler. Mitokondrinin bu ortak yaşam kökeni teorisini destekleyen çok miktarda delil bulunmaktadır. Öncelikle mitokondri bakteriye özgü birçok özelliği, bakterilerinkine çok benzer bir hücre zarı da dahil olmak üzere, sergiler; sonra-yine

bakteri gibi- kapalı, dairesel, çift sarmallı bir DNA'ya sahiptir; son olarak –ve bu en önemli kanıttır- bakteriler gibi, mitokondriler de kendilerini barındıran organizmadan bağımsız olarak çoğalabilirler. Pek çok çalışma, önceden ortak yaşayışlı olan bu hücrelerin karmaşık yaşam formalarının evriminde son derece önemli bir rolü olduğunu açığa çıkarmıştır.

Dolayısıyla simbiyotik ilişkiler gezegendeki tüm yaşam formları için ve bizim varlığımız için son derece önemlidir: Eğer bunların bazılarını yönlendirmeyi öğrenebilseydik sonuçlar olağanüstü olurdu. Örneğin, eğer bitkiler ve azot bağlayan bakteriler arasındaki simbiyotik ortaklığı yalnızca baklagillerden (diğerleri ile birlikte soya fasulyesi, bezelye, mercimek, nohut ve fasulyelerin de barındığı) tüm besin ürünlerine aktarabilseydik, tarımın yüzünü sonsuza dek değiştirebilirdik.

Düşünün: Azotlu gübreler yok, toprak, yer altı suyu, nehir ve okyanus kirlenmesi yok, Adriyatik'te alg yok, bunlar yerine yükselen ürün verimliliği ve dünyayı kirletmeden besleme olanağı var. Araştırma girişimlerinin katlanması için yatırım yapmamız gerekecek kadar akıllı olduğumuz bir hayal ve üstelik felaket sonuçlarını önlemek için bu hayalin en kısa zamanda gerçekleşmesine ihtiyacımız var.

İkinci Dünya Savaşının sonundan günümüze kadar, büyük oranda 1960'ların Yeşil Devrim denilen hareketi sayesinde, ekinlerin ve toprağın verimi durmaksızın arttı. Kimyasal gübrelerin kullanımı ve yeni, daha verimli ve dayanıklı bitki çeşitlerinin yaratılması ile birlikte bu büyük tarım çağdaşlaşması, yıllarca çok miktarda tarımsal üretimi garantiye alarak yeni yerlerin işlenmesinin yolunu açtı ve hali hazırda işlenen yerlerin de kazancını arttırdı.

Ancak şimdi, tarımsal üretimin yükselen eğilimi sekteye uğradı. Altmış yıldan beri ilk kez işlenen topraklar, dünya nüfusu artmaya devam ederken yalnızca artmamakla kalmıyor, iklim değişiklikleri yüzünden aslında azalıyor da.

Kendimizi nasıl besleyeceğiz? Yeni bir "Yeşil Devrim" – çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde tarımsal üretimde yeniden bir yükseliş sağlayacak bir sistem - yaratmak için bir vesile bulmak önümüzdeki on yılların önceliklerinden biridir. Bu yüzden

azot bağlayan bakterilerle ortak yaşamı tüm ekinlere yayma ihtimali gerçek bir dönüm noktası olabilirdi. Bitki iletişimi dünyayı beslememize yardımcı olabilir!

Bitkiler ve Hayvanlar Arasındaki İletişim

Posta ve Haberleşme

Bitkilerin, iş dünyasının adlandırdığı şekliyle, iç haberleşmeleri çok etkili çalışır. Peki bitkiler dış dünya ile iletişimi nasıl idare eder?

Bitkiler doğdukları yerden ayrılamadıklarından kendilerinden uzağa mesaj göndermek ve almak için olduğu kadar, polen ve tohumlar gibi küçük nesneleri gönderip almak için de yardıma ihtiyaç duyar. Bu nedenle bir çeşit posta sistemi kullanmaktadırlar. Bazen posta taşıyıcı olarak rüzgarı kullanırlar, bazen suyu, fakat en çok hayvanları kullanırlar, özellikle de savunma ve üreme gibi hassas operasyonlar için. Hiç hassas bir mesajı bir şişe veya kağıt uçakla gönderir miydik? Mesajımızı alıp alıcıya götürmesi için bir hayvana sahip olmak çok daha iyi olurdu (bu amaçla insanların yüzyıllar boyunca kullandığı posta güvercinlerini düşünün). İyi ama bitkiler böcekleri ve diğer hayvanları kendi atlı posta servisleri olmaları için nasıl ikna eder?

Bu bölümün, "Dürüst ve Sahtekar Bitkiler" kısmında, bitkiler arasında eşleşmenin çeşitli yöntemlerini ve bitkilerin tozlaşma ve yayılmada yardımcı olmaları için hayvanları ikna etme yollarını uzun uzun tartışacağız. Önce, bitkilerin hayvanların yardımına başvurmaya karar verdiği diğer koşullara bir bakalım, tabi en yaygın olanından başlayarak: Savunma.

İmdat! Takviye Gönderin! (İletişime Dayalı Bitki Savunma Sistemleri)

Diyelim ki bir böcek bitkinin yaprağına yerleşip onu yemeye başlıyor. Bitki, saldırıya uğradığını fark ederek anında bir savunma stratejisi oluşturuyor. Öncelikle, böcek saldırganın kimliğini tespit ediyor; çünkü ancak o zaman –kimin kendisine saldırdığını bildiğinde – kendisini yeterli düzeyde savunabilecek.

Çoğu kez bitki kimyasal silahlar kullanır, özel maddeler üreterek yaprağı iştah kaçırıcı, hazmı güç, hatta otçul için zehirli hale getirir. Değerli enerjinin boşa harcanmaması için bu ilk caydırma girişiminin böceğin cesaretini kırmak için yeterli olabileceği düşüncesiyle, bu "caydırıcı maddelerin" üretimi yalnızca saldırıya uğrayan yaprağın ve onun çevresindeki yaprakların içinde gerçekleşiyor. Bitki bölgesel bir çözüm bulabiliyorsa neden kaynaklarının tümünü hareketlendirerek enerji harcasın ki?

Bitkinin verdiği her karar, bu tür hesaplamalara dayanır: Sorunu çözmek için kullanılması gereken en az miktarda kaynak nedir? Aslında, bu hesap ve onunla ilgili stratejiler genellikle işe yarar: Bizim örneğimizde, böcek bir ya da iki yaprağın tadına bakacak ve ardından yeni tatla geri püskürtülerek bitkiyi terk edecek ve başka bir bitkiye gidecektir. Zafer!

Yeni yapraklar vererek bitki, aldığı küçük hasarı kolayca onarır ve kayıptan çok fazla etkilenmez; bildiğimiz üzere, bitkinin vücudu önemli kısımlarının kaybı bile işlev görmesini veya hayatta kalmasını tehlikeye atmayacak şekilde kurulmuştur. Bizim örneğimizde bitkinin saldırıya tepkisi ılımlıydı – neredeyse merhametli bile diyebiliriz.

Fakat eğer böcek yaprakların kötü tadına rağmen beslenmeye devam ederse ya da diğer mutfak maceraperestleri masaya oturursa bitki daha zorlayıcı stratejiler kullanmak zorunda kalacaktır: Bazı durumlarda, "caydırıcı" kimyasal maddeleri tüm yapraklarında üretmeye başlar ve komşu bitkilerin de aynısını yapması için havaya uçucu kimyasal sinyaller salar. Diğer bazı durumlarda ise bitkinin seçeceği yol... destek güçler çağırmaktır!

Düşmanımın Düşmanı Benim Dostumdur

Her yeni gün, otçul organizmalar ile bitkiler arasında süregelen 400 milyon yıllık bir hayatta kalma savaşına tanıklık ediyor. Tartışmasız en önemli otçul grup, bitkilerde muazzam çeşitlilikte habitat ve ekolojik yaşam alanı bulmanın yanında, açıkça pek çok besin de bulan böceklerdir. Bu sonsuz çekişme, hem bitkilerin hem de böceklerin evrimini şekillendiren olağanüstü bir seçici baskı ortaya koyar ve mekan ve zamanda dağılımlarını düzenler.

Böcekler tarafından uğratılan saldırılar ve zararlarla başa çıkmak için bitkiler bir dizi parçalı savunma stratejisi geliştirmiştir; böcekler de kendi hesabına tembel tembel beklememiş, aksine çok daha yeni ve çok daha etkili saldırı planları tasarlamıştır. Bu, karşılaşmaları vasıtasıyla birbirlerini çok iyi tanımış doğal düşmanlar olan bitkilerin ve otçulların birlikte evrimi sonucu meydana gelmiş bir çeşit ebedi silahlanma yarışıdır.

Siz hiç, örneğin bir paket salata üzerinde, "Birleşik Zararlı Organizma Denetimi ile Üretilmiştir" ibaresiyle karşılaştınız mı? Bunun anlamı, yetiştiricinin bu yeşillikleri üretirken kullandıkları tarım ilacı miktarını, normalde marula saldıran otçul böceklerin doğal düşmanlarını tarlalarına sokarak azaltmayı seçtikleridir. Tarlalarına tarım ilaçları püskürtmek yerine yetiştiriciler yeşillik yiyici böceklerin düşmanlarının onları avlayacağına ya da en azından meşgul ederek bitkilerden uzak tutacağına güvenmişlerdir – böcek nüfuslarının dengede tutulması gerekliliği nedeniyle denetim altında tutması zor olsa da çok zekice bir teknik. Bunun işleyiş mekanizması şu deyimle özetlenebilir: "Düşmanımın düşmanı benim dostumdur."

Pek çok bitki bu stratejiyi kendilerini savunmak için kullanır: Uçucu kimyasal bileşikler yoluyla çağrıda bulunarak düşmanlarının düşmanlarından destek kuvvet isterler ve ardından yardımları için geri ödeme yaparlar; çok fazla enerji masrafı yapmadan mükemmel sonuç veren bir davranış biçimi.

Bir örneğe bakalım: Lima fasulyesi. Özellikle açgözlü uyuz böcekleri *(Tetranychus urticae)* tarafından saldırıya uğradıklarında lima fasulyeleri etçil olan başka bir böcekçiği *(Phytoseilus persimilis)* çekimleyen bir uçucu kimyasal bileşik karışımı salgılar. Bu etçil böcekçik "vejetaryen" böcekçiklere saldırmada uzmanlaşmıştır ve kısa sürede tüm nüfuslarını imha eder; bir hayvan türü ile bir bitki türü arasındaki işbirliğinin bir başka inanılmaz örneği. Bu örnek, çok daha inanılmaz bir yeteneğe; lima fasulyesinin saldırganını tanıyabilmesi ve saldırganının biyolojik düşmanlarından birini kendisini kurtarması için çağırabilmesine dayanan bir örnektir.

Kaç hayvan bu kadar gelişmiş bir strateji kurabilme yeteneğine sahip? Bir hayli bitki türü buna sahip: Birkaç isim vermek gerekirse aralarında mısır, domates ve tütün de var.

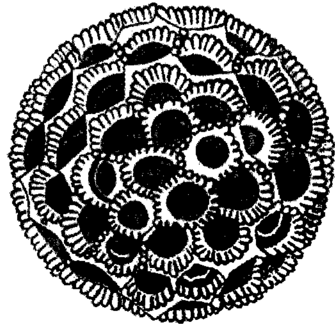
Bitki Cinselliği

Bitkinin, özellikle hayvanlarla iletişime en çok ihtiyaç duyduğu anlardan biri de tozlaşma sırasındadır. Bitkilerin üreme mevsimi de diyebileceğimiz bu dönem, bitkilerin hayatlarında çok önemli bir evredir; çoğalmanın başarılı olma şansı buna bağlıdır. Her bitkinin farklı olduğu açık; ancak sardunyalardan meşelere çoğu tür için, belli ortak kurallar geçerlidir. Örneğin, çoğu bitkide döllenmenin gerçekleşmesi için polenin (erkek sperminin bitkideki karşılığı) bir çiçekten diğerine taşınması gerekir. Ancak bitkilerle hayvanların iletişiminin gizemlerini incelemeden önce bir adım geri çekilip bitki üremesinin nasıl gerçekleştiğine bir bakalım.

Öncelikle avtogam (Yunanca *autos* "kendi" ve *gamos* "cinsel ilişki" kelimelerinden) bitkiler ile allogam (*alios* "diğer" ve *gamos* kelimelerinden) bitkileri ayırt edelim. Avtogam bitkiler, aynı çiçek üzerinde bulunan stamen (erkek üreme organı) ve pistil (dişi üreme organı) arasında bir yolla kendi kendilerine tozlaşarak "otarşik" bir yöntem kullanır. Allogam bitkilerde, bunun aksine, polen bir çiçeğin anterinden (erkek organın ucunda polenleri içeren kısım) aynı türün başka bir bireyine ait çiçeğin stigmasına (dişi organın poleni kabul eden kısmı) taşınmak zorundadır: Bu nedenle allogam bitkiler "çapraz tozlaşma" gerçekleştirir.

Bitkiler arasında cinsel organların yerleşimi ile ilgili bir başka ayrım daha vardır. Bu açıdan bitkiler genel olarak üç sınıfa ayrılmıştır: Hermafrodit, dioik ve monoik.

Bu sınıflardan ilki ve açık ara en geniş olanı hermafroditlerdir, çiçekleri hem erkek hem de dişi organları içerenler. Hermafrodit bitkilerde teorik olarak her çiçek tek başına kendi kendini dölleyebilir çünkü her iki üreme donanımına da sahiptir. Böylece, yukarıda verilen tanımlamaya göre hermafrodit bir bitki



Şekil 4-2. Polen. Bitki üremesinde bu tanecikler erkek gamettir (erkek spermi).

avtogamdır. Bu kendi kendine tozlaşma büyük bir kolaylıktır ve çok sayıda bitki tarafından uygulanır, özellikle de buğdaygiller (buğday ya da pirinç gibi) tarafından. Bunlar, belli orkide türleri, menekşeler ve etçil bitkilerle birlikte aslında kleistogamdırlar (*kleistos* "kapalı" ve *gamos* kelimelerinden), yani daha çiçekler bile açmadan kendilerini tozlaştırırlar.

Kendi kendine tozlaşma hermafrodit çiçeklere sahip tüm bitkilerde teorik olarak mümkün olmasına rağmen, pratikte bir dizi fiziksel veya kimyasal bariyerle engellendiğinden çok nadir gerçekleşir. Daha az önce kendi kendine tozlaşmanın ne kadar da büyük bir kolaylık olduğunu belirttiğimiz halde neden nadirdir? Bunun sebebini, eğer kendi kendine tozlaşmayı hayvanlar dünyasındaki akraba içi birlikteliklere (yakın akrabalar arasındaki üreme) eşdeğer görürsek anlaması kolaydır: Evrim bu türden üremelere karşıdır çünkü yeni genetik kombinasyonların görülmesini azaltır. Bu yüzden bitkiler kendine tozlaşmayı önlemek için, aynı birey üzerindeki erkek ve dişi organların farklı zamanlarda olgunlaşması gibi bir dizi özel mekanizma geliştirmiştir.

Bitkilerin bir diğer sınıfı, dioik (*dis* "iki kez" ve *oikia* "ev" kelimelerinden) türlerdir; bunlarda farklı cinsiyetteki bireylerin üzerinde tek eşeyli çiçekler olduğundan her bitki için "erkek" ve "dişi" bireyler vardır. Bunlar arasında *Ginkgo biloba* da bulunur, yaşayan fosil olarak kabul edilecek kadar kadim bir ağaç, tıpkı defne, çobanpüskülü, porsuk ağacı, ısırgan ve tavşan kirazı gibi.

Son olarak üçüncü bir sınıf vardır, monoik (*mono* "bir" ve *oikia* "ev" kelimelerinden) bitkiler; aynı birey üzerinde erkek ve dişi çiçeklerin ayrı ayrı bulunduğu meşe ağaçları ve kestane ağaçları gibi.

Bitkiler hangi sınıfa dahil olurlarsa olsunlar çiçek açtıkları zaman bir çiçekten diğerinin pistiline polen taşıyacak güvenilir taşıyıcılara ihtiyaç duyarlar. Her tür, bunu kendince başarır: Bazıları fiziksel taşıyıcılara güvenir- rüzgar; diğerleri hayvanlara. İlki (anemofiller olarak bilinir, Yunanca *anemos* "rüzgar" ve *philos* "arkadaş" kelimelerinden) bir yandan hayvanları çekimleme ihtiyacından doğacak karmaşalarla ve hayvanlarla ilgili hiçbir şeyle uğraşmak zorunda değildir. Diğer taraftan tamamen seçici olmayan bir taşıyıcı seçmelerinden kaynaklanan sorunları çözmek zo-



Şekil 4-3a-e. Cinsiyet organlarının bitkilerdeki yerleri. Hermafrodit çiçeklere sahip, zambak gibi bitkilerde (üstte, solda) erkek ve dişi organlar aynı çiçek üzerinde bulunur; meşe gibi monoik türlerde (sağ üstte ve ortada) ayrı çiçeklerde fakat aynı bitki üzerindedir; kendir gibi dioik bitkilerde (altta) erkek ve dişi çiçekler farklı bitkiler üzerinde bulunur.

rundadır: Havalandıktan sonra polen başka bir bitkiye, bir eve, toprağa yani herhangi bir yere inebilir. Bu nedenle siparişin başarıya ulaşma şansının olması için bitkilerin havaya inanılmaz miktarlarda polen salan (diğer şeylerin yanında acınası bahar alerjilerine de neden olan) çok sayıda çiçek üretmesi gerekir. Enerji bakımından, kolayca tahmin edebileceğiniz gibi, bu çok da verimli bir sistem değildir ve daha çok gimnospermler (tohumlar bir ovaryum ile korunmadığı için Yunanca *gumnos* "çıplak" ve sperma kelimeleriyle adlandırılmıştır) gibi kadim türler tarafından kullanılır; ancak aynı zamanda zeytin ağaçları gibi, pek çok yakın geçmiş angiospermlerinde de görülür.

Ne var ki, çoğu günümüz bitkisi, polen toplama ve teslim etme süreçlerinde çok daha titiz olan hayvan taşıyıcılara güvenir. Taşıyıcı olarak en yaygın kullanılan hayvanlar böceklerdir; entomofil (*entomon* "böcek" ve *philos* "arkadaş" kelimelerinden) tozlaşma adıyla görevlendirilen ödüllü yardımcılar. Fakat böcekler bitkilerin bu hassas teslimatı emanet ettiği tek hayvan değillerdir. Zoofil tozlaşmada, taşıyıcılar çeşitli tipte hayvanlardır (Yunanca *zoa*); Ornitofil tozlaşmada, taşıyıcılar arıkuşu ve papağan gibi kuşlardır (Yunanca *ornites*); ve Avize ağacı (*Yucca*) gibi çoğu Amerikan çöl kaktüsünün polen taşımak için kullandığı kiropterofil tozlaşmada taşıyıcılar yarasalardır (Yunanca *cheiropteroi*).



Şekil 4-4. Kaktüs. Bu bitkiler sıcak, kuru iklimlere uyum sağlamıştır. Hayatta kalmak için çiçeklerin yaprakları yalnızca geceleri açılır. Çoğu kaktüs tozlaşma aracı olarak yarasaları kullanır. .

Son zamanlarda, Küba'ya özgü bir sarmaşanda, *Marcgravia evenia*, tek amacı yarasaların sonarlarına çiçeklerin varlığını işaret etmek gibi görünen, tıpkı çanak anten şeklinde dairesel yapraklar tanımlanmıştır. Biraz tuhaf görünüyorlar; ancak tozlaşma ajanları olarak çok iyi göremeyen hayvanları seçtiğinden, neden bitki yarasaların çiçeklerini bulmasına yardımcı olmasın ki?

Zoofil tozlaşmanın diğer şekilleri sürüngenleri (örneğin farklı *Pandanus* türleri bir gekko türünü kullanır), keseli hayvanları ve hatta primatları kullanır. Bitkiler her çeşit hayvanı tozlaştırıcı rütbesiyle işe almış!

Dünyanın En Büyük Pazarı

Bitki tozlaşmasını devasa bir pazar olarak düşünün. Alıcılarımız var (böcekler), ürünlerimiz var (polen ve nektar), satıcılarımız (bitkiler) ve hatta... reklamlar (çiçeklerin renkleri ve kokuları) var!

Bitki dünyasında, hayvan dünyasında olduğu gibi kimse hiçbir şey karşılığında bir şey yapmaz ve büyük tozlaşma "pazarında" gerçek bir ürün ve hizmet değişimi vardır. Kim bir ürün ya da hizmet isterse ödemesini yapmak zorundadır. Böcekler işgücü ile ödeme yaparlar. Fakat bitkiler eşsiz bir para birimi kullanır: Hayvanların bayıldığı, tatlı ve enerji bakımından zengin bir madde, nektar. Aslında artık nektarın bitkiler tarafından bu yegane amaç için üretildiği kesin görünüyor: Polenin taşıması ile satın alınacak bir ürün olarak.

Biraz genelleştirme yaparsak: Şu veya bu türden bir hayvan (bir kertenkele, yarasa ya da arı) nektarı toplamak ya da yemek için çiçeğe gelir ve bunu yaparken bir başka çiçeğe götüreceği polenle kaplanır. Herhangi bir çiçeğe gitmesinin yeterli olmayacağı açıktır: Polenin alındığı çiçeğin türü ile aynı türden bir çiçek olmalıdır. Tıpkı bir çekirge ile su aygırını eşleştiremeyeceğimiz gibi, bir elmayı da menekşe ile eşleyemeyiz. İki farklı tür arasında taşınan polen boşa gidecektir; iyi ama belli bir türden polen taşıyan hayvan, aynı türün başka bir çiçeğine gitmeye nasıl ikna edilir? Onu böylesine bir tür sadakatine sevk eden nedir? En kolay yol nektar neredeyse oradan almaktır, basitçe birbirine yakın olan bitkiler ziyaret edilerek, hangi türe ait olduklarına bakılmaksızın.

Ancak böcekler böyle davranmaz; tüm gün boyunca, sabah ziyaret ettikleri ilk türe sadık kalırlar.

Tüm tozlaşma sürecinin ve dolayısıyla bitki üremesinin temellendiği etkenlerden biri olan bu beklenmedik davranışı açıklamak için entomologlar *bölge sadakati* terimini kullanır. Bu olgu, bunu açıklamak için henüz inandırıcı bir hipotez bulamamış araştırıcılar tarafından tamamıyla hafife alınmıştır. Botanikçiler ve entomologlar bir arının tüm gün sabah ziyaret ettikleri türün çiçeklerinde kalacağını gayet iyi bilir. Yine de, inanılmaz bir biçimde, bu davranış için hiçbir makul açıklamaları yoktur; önerilen teoriler az sayıda ve yetersizdir, genellikle bu tür bir sadakatin böcek için pratik olduğunu göstermeye çalışır. Aksine, tüm kanıtlar bu davranışın hiç de pratik olmadığı yönündedir!

Ancak bunun yerine, eğer bu probleme bitkinin bakış açısından bakarsak bu tür bir sadakat son derece büyük öneme sahiptir. Bir bitki, eğer poleni yanlış yere bırakılacaksa nektar üretmekle ilgilenmezdi. Bu basit değerlendirme, böceğin "bölge sadakatini" isteyenin ve bundan kazanç sağlayanın bitki olduğunu ortaya koyuyor. Bunu nasıl yaptığı, ne var ki, henüz keşfedilmeyi bekliyor.

Dürüst ve Hilekar Bitkiler

Bu tür gizemler bir yana, tozlaşma ilk bakışta dürüst ve şeffaf bir işletme gibi görünüyor: Polen taşıyıcı nektar ile karşılanır. Yine de bir şeyler her zaman yanlış gidebilir. Her pazar, dürüst ve hilekar tüccarlara sahiptir; bazıları müşterileri ile adil bir şekilde ilgilenir, diğerleri onları aldatır. Bu bitkilerde de farklı değildir. Bazıları titizlikle vefalıyken diğerleri istediklerini kılık değiştirerek ve dolandırarak, kendilerine yardım eden böceği tutsak alma noktasına bile gelerek, alıyorlar.

Acıbaklalar ile başlayalım. Bu baklagiller çok sayıda küçük çiçek üretir ve bir sorunları vardır: Arıların aynı çiçeği tekrar ziyaret etmesini nasıl önleyecekleri. Eğer çalışkan bir himenoptera, görevini bir çiçeği ziyaret ettiği ilk seferde tamamlarsa – nektar toplama ve sonrasında başka bir çiçeğe taşıyacağı polen ile kaplanma – bu ilk çiçeğe aynı ya da başka bir arıdan gelecek ikinci

bir ziyaret tam anlamıyla israf olacaktır; çünkü, geride ne polen ne de içecek nektar kalmış olacaktır. Üstelik bazı çiçeklerin tozlaşmaya katılmamasına sebep olabilecek bu talihsizlikten kaçınmak için acıbakla dolambaçsız ve çok etkili bir strateji uyguluyor: Ziyaret edilen çiçeklerin (dolayısıyla polen ve nektar bulunmayanların) petallerinin rengini maviye boyayarak onları değiştiriyor. Böylece böceklere başka nektar kalmadığını ve başka bir çiçeğe devam etmeleri gerektiğini bildirmiş oluyor. Bu strateji hem tozlaştırıcılara yardımcı oluyor hem de bu sayede daha başarılı bir tozlaşma gerçekleştiğinden bitkinin de çok işine yarıyor.

Fakat daha önce belirttiğimiz gibi, tüm bitkiler aynı değil. Acıbaklalar hayvan ortaklarıyla alışverişlerinde örnek bir güvenilirlik sergilerken, başka bitkiler amaçlarına ulaşmak için farklı stratejiler kullanıyor ve en az diğerleri kadar da başarılılar. En kötü şöhretli örnekler orkidelerdir: Bazı tahminlere göre var olan orkide türlerinden üçte biri kadarı, kendilerine başarılı bir tozlaşmayı garantilemek için insan terimleriyle ancak dolandırıcılık olarak tanımlanabilecek stratejiler kullanıyor. Bu bitkiler de böceklerden faydalanıyor ancak onları kandırarak ve karşılığında hiçbir fayda sağlamadan polen taşımalarını sağlayarak. Doğada tam olarak dürüstlük ve hilekarlıktan bahsedemeyeceğimizi söylemekte aceleci davranıyoruz ama hilekarlık olsa bile orkidelerin böcekleri nasıl kandırdığını görmek ilginçtir. Bu bitkiler, tüm canlılar arasında taklit konusunda en yetenekli olanlardandır. Genellikle, benzetme konusundan bahsederken bukalemunlar ya da sopa böcekleri gibi hayvanları düşünürüz. Ancak onların kayda değer taklit yetenekleri *Ophrys apifera* gibi bir orkideninkiyle kıyaslandığında hiçbir şeydir.

Bu bitkinin çiçekleri, sosyal olmayan belli bir himenoptera (yaban arısı ve arılara benzeyen ancak koloni halinde yaşamayan bir tür) dişisinin şeklini mükemmel taklit edebilir. Ve hepsi bu da değil: Dişi böceğin şeklinin yanında dokularının kıvamını, yüzeyini (vücudundaki ince tüyler de dahil) ve elbette, çiftleşmeye hazır olan dişiler tarafından üretilen feromonlarla aynı feromonları salgılayarak kokusunu da taklit ediyor. Böylece bitki üçlü bir taklit sahneliyor, dişi bedeninin şeklini ve renklerini (görmeyi al-

datarak), tüylü yüzeyini (dokunmayı aldatarak) ve özel kokusunu (koku almayı aldatarak) kopyalıyor. Benzerlik öyle mükemmel ki, erkek böcekler baştan çıkarılmaya karşı koyamıyor. Büyülenmiş erkekler bu baştan çıkarıcı çiçeklere daima aldanıyor; benzerlik öyle gerçekçi ki, böceğin çiçekle birleşmesiyle dahi sonuçlanıyor.

Aldatmaca gerçek olanı geride bırakmaya yetecek kadar gerçekçi, öyle ki orkideler çiçekteyken bu himenopteralar kendi dişileri ortamdayken bile çiçeklerle birleşmeyi seçiyorlar! Bu durumda erkek böcek kendi türünün dişisi olması için her şeye sahip olanla çiftleşmeye başladığında, kafasını polen paketleriyle, zamparanın kendi başına kurtulmasının belli bir süre için imkanı olmayan polenle dolu küçük kutucuklarla, yıkayan bir mekanizma açılıyor ve bir sonraki çiçeği ziyaret edene (ve tozlaştırana) kadar bunları yanında taşımaya zorlanıyor. Bu gösteriyi kimin yönettiği, bitkinin mi yoksa böceğin mi, kesinlikle açık görünüyor.

Para Kötü Kokmaz (Yoksa Kokar mı?)[7]

Orkideler aldatma tekniklerini mükemmel hale getirerek illüzyonistlerin üstadı olmuşsa da, orkidelerin mükemmellik seviyesine ulaşmayan pek çok başka bitki de böcek kurbanları üzerinde hilekarlık sanatlarını uygularlar. Örneğin *Arum palaestinum* bitkisini alalım, İsrail, Ürdün, Lübnan ve Suriye'ye özgü (ve sonradan yetiştirildiği kuzeybatı Kaliforniya'da da görülen) bir bitki. Tozlaştırıcı olarak bu bitki *Drosophila*'yı, yaygın meyve sineğini, ilginç bir kandırmaca yoluyla kullanır. Sineği sahte bir şekilde çekimlemek için, *Arum palaestinum* sineğin karşı koyamadığı bir koku üretir: Fermente olan meyve kokusu. Bu koku ile çekilen meyve sineği kaygısızca, sinek girince kapanan ve sineği genellikle tüm bir gece boyunca tutsak eden çiçek durumuna girer. Bu tutsaklık saatleri boyunca sinek, durmaksızın uçarak, yürüyerek ve etrafta kayarak beyhude bir çabayla kaçmaya çalışır ve tamamen polenle kaplanır. Çiçek durumu açıldığında böcek sonunda

---

[7] "Pecunia non olet", paranın, değerinin nereden geldiği ile değişmeyeceğini anlatan bir Latin deyimi. (Çevirmen Notu)

kaçar, ancak çoğunlukla çok uzağa gidemez. Fermente olan meyvenin dayanılmaz kokusuyla bir kez daha çekilen kahramanımız, kendisini hapsederek sineğin üzerindeki polenleri kendisini tozlaştırmak için kullanacak olan bir başka arum çiçeğinin içine girer. Bu şekilde, aldatmacayla, arum istediğini alır (tozlaştırılmak); ancak meyve sineği polen taşıyıcılığı işini yaptığı halde karşılığında hiçbir şey almaz.

Gerçekte, böceklerin koku ile çekimlenmesine dayanan çok sayıda örnek vardır. Tuhaf bir örnek, doğru bir şekilde iri ölçekli denilebilecek olan *Arum titanium (Amorphophallus titanum)* bitkisininkidir, genellikle ceset çiçeği olarak anılır ve dünyadaki en büyük çiçeklere sahiptir. Her yıl çiçek açtığında tuhaflık arayanları botanik bahçelerine getiren bu bitkisel süper-star, etkili fakat sevimsiz bir tozlaştırıcı seçmiştir: Leş sineği. Çekici olabilmek için bitki, sineğin en sevdiği kokuyu mükemmel taklit eder: Çürüyen etin pis kokusu!

Bitkilerin kesinlikle harika manipülatif yetenekleri var; bu noktada kim bundan şüphe duyabilir ki? Ama gelin bir an için kendimizi onlar yerine koymayı deneyelim ve muhtemelen rahatsızlık verecek bir soru soralım: Bir bitki için en etkili taşıyıcı hayvan hangisidir? Hiç şüphesiz, diğerlerinin zarar görmesi pahasına belli bazı bitki türlerinin üremelerini, hayatta kalmalarını ve yayılmalarını güvence altına alacak olan insanlardır.

Bir bitkinin bakış açısından, bu tuhaf iki ayaklılarla arkadaş olmak ve hatta hizmetlerinden fayda sağlamak bu zahmete değecektir! Manipülatif becerilerini bizim türümüzü memnun edecek çiçekler, meyveler, kokular, tatlar ve renkler yaratarak bizim üzerimizde de kullanmadıklarından emin miyiz? Belki de bitkiler bunları yalnızca bu sebepten üretmiştir: Dünya çapında yayılmalarını sağlayan, onlarla ilgilenen, onları koruyan bizleri memnun etmek için. Bitkilerin bizlere verdiği muhteşem hediyeleri düşününce – parfümlerden pek çok sanatçıya ilham veren harika, rengarenk şekillerine kadar – iyi talihimize o kadar da şaşırmayalım. Hiç kimse karşılığını almadan bir şey yapmaz ve en azından belli bazı türler için bizler bu gezegende olabilecek en iyi müttefikleriz.

Çok Özel Bir "Posta Sistemi"

Bitki üremesi ve özellikle de tohumların taşınması konusunda, bitkilerin hayvanlarla iletişim kurma becerisine daha pek çok örnek vardır. Tohumların oluşumu ve ardından gelen tohum dağılımı bitki üremesinin önemli olan son kısmıdır. Her bitki için tohumlarını başarılı bir biçimde çevreye dağıtmak (tohumun yeni bitkinin embriyosunu içerdiğini hatırlayın) en az iki geçerli sebepten hayati öneme sahiptir. Birincisi mümkün olan en geniş alana yayılmaktır – her canlı türünün temel yaşam ilkesi; ikincisi tohumları ana bitkiden uzaklara yaymak – bitkinin besin öğeleri bakımından kısa sürede yetersiz hale gelebilecek ve bu nedenle yavruların yaşamasını garantiye alamayacak kısıtlı bir alandaki kaynakları paylaşmaktan kaçınmasına izin verir. Örnek olarak tohum dağılımı için rüzgara güvenen bitkileri düşünün, mesela üfleyip tohumlarını uçurmaya bayıldığımız ünlü karahindiba. Bu çiçek olağandışı bir mühendislik başarısıdır, minik tohumları en küçük bir rüzgar estiğinde uçabilecek, bazen kilometrelerce gidebilecek şekilde yapılmıştır. Bir başka anemofil bitkinin, ıhlamur ağacının, tohumları hafif esintilerde süzülerek tekli kanatları üzerinde uzun süre uçabilir. Fakat bizi şu anda ilgilendiren bitkilerin tohumlarını yaymak için hayvanları kullanması. Oldukça fazla sayıda hayvan türü bitki dünyası ile "iş" ilişkileri kurar; kuşlardan balıklara, farelerden karıncalara, sayısız memeliye kadar, çok büyük olanları bile.

Bu iletişimin nasıl gerçekleştiğini açıklamak için, meyvelerle başlamamız gerekir. Meyveler aslında bitkilerin hayvanları tohumlarını dağıtması için ikna etme yoludur, tıpkı tozlaşma için nektarın kullanılması gibi. Elma, hindistancevizi, kiraz ya da kayısı olsun, lezzetli, tatlı meyve etleri iki ana amaca hizmet eder: Olgunlaşma tamamlanana kadar tohumları koruma ve tohumları taşıyan posta sistemini ödüllendirme.

Meyveler: Posta Taşıyıcılar İçin "Hediye Paketleri"

Tüm meyveler, yalnızca bizim yenilebilir olarak kabul ettiklerimiz değil, tamamı tohumları muhafaza etmek ve aynı zamanda genellikle hayvanları baştan çıkarmak için üretilir. Bir meyveyi yemek



Şekil 4-5a-c. "Uçan tohumlar" ile karakterize edilen anemofil bitkilere örnekler. Tohumlarını mümkün olan en etkili şekilde dağıtmak için rüzgârı taşıyıcı olarak kullanan bitkiler özel uçuş sistemleri ile donatılmış tohumlar geliştirmişlerdir. Burada gördüklerimiz: Paraşüt uçuş sistemi- karahindibada görülen (üstte); kanatlı sistem- akçaağaçlarda görülen (sol altta); ve tek pervaneli, ıhlamurda görülen (sağ altta).

aslında aynı zamanda genellikle tohumları da yemek ve başka bir yerde çıkararak tohumu oluşturan bitkiden uzağa taşımak demektir. Bu, tohum dağılımını güvenceye alan en etkili yollardan biridir.

Ilıman ya da tropikal iklime sahip ülkelerde tohumların en çok rastlanan taşıyıcıları kuşlardır. Bitkilerle hayvanlar arasındaki bu türden bir iletişimin nasıl gerçekleştiğini anlamak için, kiraz ağacını örnek olarak kullanalım. Tozlaşma sırasında bu ağaç, sanki arıları çekmek için özellikle tasarlanmış gibi duran –ve aslında öyledir de!- güzel beyaz bir renge sahip çiçekler üretir; arılar beyaz rengi çok iyi görebilir ve bu nedenle çiçekleri daha kolay bulurlar. Ancak arılar kırmızıyı görmezler. Meyveler (kirazlar) kendi renklerine arıları cezp etmek için değil, kuşları çekmek için sahiptir. Gerçekten de, kırmızı uzak mesafelerden bile yapraklar arasında çok iyi kendini gösterir ve böylece uçmakta olan bir kuş tarafından kolayca görülebilir.

Bu göz alıcı renkle çekilen kuş, kirazı bulur ve tohumuyla birlikte tamamen onu yer. Sonra yeniden uçar ve bir süre sonra bir yerlerde, dışkısı ile birlikte (mükemmel bir gübre) tohumu atar. Hem tohumu ana bitkiden uzaklara yayılan bitki için, hem de beslenen hayvan için çok etkili bir taşıma sistemi. Yalnız dikkat edin! Kiraz ancak tohum olgunlaştığında kırmızıya döner; o zamana kadar yaprakların arasında kendisini gizleyen yeşil rengiyle kuşlar için neredeyse görünmezdir.

Tüm bitkiler, meyvelerini olgunlaşana kadar saklama eğilimindedir. Olgunlaşmamış meyve, aslında buruk veya hoş olmayan zehirli kimyasal bileşiklerle doludur; bitkinin, tohumları olgunlaşmadan önce kendisini hayvanlar tarafından yenmekten korumak için kullandığı maddelerle. Bunu başarmak için, bitki bazen çok yüksek zehirlilik oranı olan molekülleri kullanmak zorundadır. Afrika'ya özgü olup Karayipler'de de yetişen ake bitkisinin *(Blighia sapida)* durumundaki gibi. Bu bitki, tam olarak olgunlaştığında çok lezzetli olan ve birçok Orta Amerika halkı tarafından yenilen bir meyve üretir. Ancak olgunlaşmış olduklarından emin olmanız gerekir; hala yeşilken yüksek seviyelerde hipoglisin içerir. Bu bileşik sindirilirse tipik hipoglisemi semptomları gös-

teren ¬çok ciddi zehirlenmelere yol açar: koma, havale, hezeyan, zehirlenmeye bağlı karaciğer iltihabı, şiddetli su kaybı ve şok. Olgunlaşmamış meyvelerin yenmesi nedeniyle her yıl ortalama yirmi insan hayatını kaybetmektedir.

Bitkiler tarafından kullanılan tek tohum taşıyıcı hayvanların kuşlar olmadığı ortada. Bir diğer önemli grup da frugivor (meyve yiyen) maymunlar tarafından temsil edilen önemli tohum dağıtım kaynaklarıdır. Son olarak da daha sıradışı hayvan taşıyıcılar vardır. Amazonlarda, büyük bir tatlı su balığı, *Colossoma macropomum*, bu görevi alışılmadık bir biçimde sürdürüyor. Yağışlı dönemde nehirlerin taşması neredeyse 100 bin kilometre kare alanlık geçici göl oluşumuyla sonuçlandığında, kolossoma pek çok bitkinin meyvelerini yer ve yüzlerce kilometre kadar uzaklarda çıkarır- ancak yakın zamanda keşfedilmiş ilginç bir dağılım stratejisi.

Bir de karıncalar var. Karıncaların besinleri arasında, hemen orada tüketmek yerine karınca yuvasına getirdikleri ve daha sonra yenmek üzere "kilerin içine" koydukları küçük meyveler vardır. Bu, bitkiler için iki gereksinimi aynı anda karşılayan özellikle memnun edici bir gelenektir: Tohumlar yalnızca ana bitkiden uzağa taşınmakla kalmaz, neredeyse doğrudan, gelecekteki çimlenmeleri için ideal bir mekan olan yer altına gider. Karıncaların yardımı, gerçek anlamda değerlidir ve belli bazı bitkilerin hizmet alımlarını garantilemek için karıncaların bayıldığı, yüksek enerji içerikli, neredeyse tamamen yağlı bir yapı olan *elaizom* (Yunanca *ealion* "yağ" ve *soma* "yığın" kelimelerinden) adı verilen, özel bir yağ topu ile kuşatmaları anlaşılabilirdir. Değiş tokuş basit görünüyor ve aynı zamanda bitki için de son derece uygun: Karınca tohumu alır, yuvasına taşır, elaizomu yer ve tohumun kalanını orada, nemli, korunaklı bir yerde, gübreden zengin ve çimlenme için ideal olan bu yerde bırakır.

Karıncalar bitkilerin en yakın ortaklarındandır; bu himenopteralar ve bitkiler arasındaki iletişim sistemleri ve karşılıklı destekler bilim insanlarını büyüler. Görece yakın tarihli bir çalışma, *Camponotus* (belli bazı bitkilerin savunmalarında da rol alan ve bitkilerle özellikle yakın bir ilişkisi var gibi görünen bir çeşit ka-

rınca) tarafından aralarında bilhassa suibriğinin de bulunduğu bazı etçil türlere sunulan hizmetlere bir açıklık getirmiştir. Bu bitkilerden ve korkunç tuzak keselerinin kurbanların dışarı çıkmasını önleyen kaygan duvarlarından bahsetmiştik (Bakınız Bölüm 3).

Suibriği hayvanları kesenin etrafında nektar üreterek ve onları içeriye girmeye çağırarak yakalar. Ne var ki, tuzağın işe yaraması için kesenin duvarlarının olabildiğince kaygan tutulabilmesi, yani her zaman temiz kalması gerekir: Eğer döküntüler veya toz birikirse, hayvanlar dışarı çıkmak için ayak basabilecekleri bir yer bulmuş olurlar. *Camponotus* karıncaları ile müttefik olmanın önemi de buradan geliyor; biraz nektar karşılığında tuzakları daima temiz tutmak için gönüllü olarak çıkagelen karıncalar. Öyle görünüyor ki, bitki dünyasının en korkunç "ölüm makineleri" bile arkadaşlara ihtiyaç duyuyor!

Notlar

Stomaların açılıp kapanması ile ilgili bakınız:

- Peak, D. et al. "Evidence for Complex, Collective Dynamics and Emergent, Distributed Computation in Plants" *PNAS (Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America) 101*, no. 4 (2004): 918-22.

Bitkiler arasındaki iletişimle ilgili, özellikle de köklerin akrabaları akraba olmayanlardan ayırabilme yeteneği ve bunun sonucu gerçekleşen bitki davranışı ile ilgili, bakınız:

- Dudley, S. ve A. L. File. "Kin Recognition in Annual Plant" *Biology Letters 3* (2007): 435-38.
- Callaway, R. M. ve B. E. Mahall. "Family Roots" *Nature 448* (2007): 145-47

"Crown Shyness" ve bitkilere modern ve önyargısız bir bakış açısı için, Francis Hallé'nin önemli kitabı:

- Hallé, F. *Plaidoyer pour l'arbre.* Arles, Fransa: Actes Sud, 2005.

Mitokondrinin simbiyotik kökeni ve bunun gelişmiş canlıların evrimindeki önemi aşağıdaki makalelerde tartışılmıştır:

- Lane, N. Ve W. Martin."The Energetics of Genome Complexity." *Nature 467* (2010): 929-34.

- Thrash, Cameron J. et al. "Phylogenomic Evidence for a Common Ancestor of Mitochondria and the SAR11 Clade." *Scientific Reports 1* (2011): 13. doi: 10.1038/srep00013.

Bitkilerin yardım için otçul böceklerin doğal düşmanlarını çağırmasıyla gerçekleştirdiği savunma stratejisi için bakınız:

- Dicke, M. et al. "Jasmonic Acid and Herbivory Differentially Induce Carnivore-Attracting Plant Volatiles in Lima Bean Plants." *Journal of Chemical Ecology 25* (1999): 1907-22.

Yarasa tozlaştırıcıları çekme kapasitesine sahip yuvarlak yapraklar üzerine araştırma için, bakınız:

- Simon R., et al. "Floral Acoustics: Conspicuous Echoes of a Dish-Shaped Leaf Attract Bat Polinators." *Science 333,* no. 6042 (2011): 631-33. Doi: 10.1126/science.1204210.

Bu makalenin özeti aşağıdadır:

> Çoğu gündüz çiçeğinin görsel ihtişamı görsel olarak yönlendirilen arılar ve kuşlar gibi tozlaştırıcıları çekimlemeye hizmet eder ancak yarasa ile tozlaşan çiçeklerin sesle yön bulan tozlaştırıcılarını cezp etmek için evrimleşmiş analog eko-akustik sinyaller kullanıp kullanmadıkları belirsizliğini korumaktadır. Burada, Marcgravia evenia sarmaşığının çiçek durumunun üzerinde bulunan alışılmadık çanak şekilli bir yaprağının yarasa tozlaştırıcıları nasıl çekimlediğini gösterdik. Özellikle, bu yaprağın ekoları etkili bir yol göstermenin gerekliliklerini yerine getirmektedir, yani güçlü, çok yönlü ve fark edilebilir bir sabit yankı işaretine sahiptir. Davranış deneylerinde, yaprakların varlığı çiçekleri ziyaret eden yarasaların arama sürelerini yarıya indirmiştir.

Diabrotica tarihi ve mısırın modern Amerikan çeşitlerinde karyofilen üretimi için olan genin kaybı ile ilgili, bakınız:

- Rasmann, S. et al. "Recruitment of Entomopathogenic Nematodes by Insect-Damaged Maize Roots." *Nature 434* (2005): 732-37.

- Schnee, C. et al. "A Maize Terpene Synthase Contributes to a Volatile Defense Signal That Attracts Natural Enemies of Maize Herbivores." *PNAS (Pro-*

ceedings of the National Academy of Science of the United States of America) 103 (2006): 1129-34.

Mısırın yeni çeşitlerinde, yeni çeşitlerin seçilmesi sırasında geçen zamanda kaybedilen, nematodlara karşı orijinal savunma sisteminin yeniden tanıtılması için gerekli olan genetik modifikasyon ile ilgili, bakınız:

-Degenhardt, J. et al. "Restroing a Maize Root Signal That Attracts Insect-Killing Nematodesto Control a Major Pest." *PNAS (Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America) 106* (2009): 13213-18.

Bitkilerin tüm hayvanları manipüle etme becerisine sahip olduğu ve bunda insanlar da dahil başarılı olduklarına dair fikir Michael Pollan tarafından ileri sürülmüş ve cesurca belgelenmiştir:

- Pollan, M. *The Botany of Desire: A Plant's-Eye View of the World.* New York: Random House, 2001. (Türkçesi: Arzunun Botaniği, Domingo Yayınevi, 2011)

Tohumların balıklar ile dağılım mekanizması üzerine:

- Anderson, J. T. et al. "Extremely Long-Distance Seed Dispersal by an Overfished Amazonian Frugivore." *Proceedings of the Royal Society B 278* (2011): 3329-35.

Etçil bitki suibriği ile Camponotus karıncası arasındaki iletişim ile ilgili, bakınız:

- Thornham, D. G. et al. "Setting the Trap: Cleaning Behaviour of Camponotus schmitzi Ants Increases Long- Term Capture Efficiency of Their Pitcher Plant Host, Nephentes bicalcarata." *Functional Ecology 26* (2012): 11-19.

Nephentes rajah' ın da Borneo'daki sıçanlarla yakın bir arkadaşlığı var, sıçanlar nektarla beslenirken bir yandan da tuzakların içine dışkılayarak bitkinin diyetini azot bileşikleri ile kayda değer ölçüde zenginleştiriyor:

- Greenwood, M. et al. "Unique Resource Mutualism between the Giant Bornean Pitcher Plant, Nephentes rajah, and Members of a Small Mammal Community." *PLoS ONE 6*, no. 6 (2011). doi: 10.1371/journal.pone.0021114.

BÖLÜM 5

Bitki Zekası

Biyolojide, bir tür başka bir türe göre daha fazla yaşam alanı elde edebiliyor, yani çevreye rakibinden daha fazla uyum sağlama yeteneği gösteriyor ve hayatta kalma savaşında her canlı varlığın karşı karşıya kaldığı sorunları çözmede daha üstün bir yeterlilik gösteriyorsa, biz bu türe "dominant" deriz. Bir tür ne kadar bolsa, ekosistemdeki özgül ağırlığı da o kadar büyüktür.

Örneğin: Uzak bir gezegenin yüzde 99'unda belli bir yaşam formunun yaşadığını keşfetmiş olsaydık ne düşünürdük? Bu gezegene o yaşam formunun baskın olduğunu söylerdik. Şimdi dünyaya geri dönelim. Gezegenimiz hakkında ne söylüyoruz? İnsanların baskın olduğunu söylüyoruz. Şimdi, pek çok açıdan rahatlatıcı olan bu düşüncenin sahiden de gerçekliği yansıttığından emin miyiz? Dünyada, biyokütlenin ya da canlı olan her şeyin toplam kütlesinin yüzde 99,7'si (tahminler yüzde 99,5 ile 99,9 arasında değişiyor, bu yüzden ortalamasını aldık) insanlardan değil, bitkilerden oluşmuştur! İnsan türü, diğer tüm hayvanlarla birlikte ancak yüzde 0,3'ü temsil ediyor.

Gelinen bu nokta dikkate alındığında, gezegenimiz kesinlikle yeşil; Dünya, tartışmasız şekilde bitkilerin baskın olduğu bir ekosistemdir. Ancak bu nasıl olabilir: Gezegendeki en aptal ve en pasif varlıklar nasıl olur da bu üstünlüğü elde edebilir? Bir türün başka bir türe göre daha fazla yaşam alanı elde edebiliyor olmasının daha

yüksek bir uyum sağlama yeteneği demek olduğunu az önce belirtmiştik, bu üstün bir problem çözme becerisidir. Öyleyse neden, tüm yaşayanlar arasında (kütlesel anlamda, tür sayısı bakımından değil, unutmayın), hayvanlar yalnızca yüzde 0,3'lük bir bölümü oluşturuyor. Peki, neden o yüzde 0,3 içinde insanlar daha az bir yüzdeyi oluşturuyor? Ya da soruyu başka şekilde soralım, neden baskın tür olduğumuza, gezegeni yönettiğimize ve diğer türlerden daha fazla hakka sahip olduğumuza dair bir yargıya sahibiz? Eğer bu konunun ortak bilincimize etkisi daha az olsaydı ve bu konu sıradan (ve tarafsız) bir bilimsel araştırma konusu olsaydı mantıklı olarak ele alınması çok daha kolay olurdu: Dünya gezegeninde, gerçekten de yüzde 97,7 bitki yaşamına karşılık yalnızca yüzde 0,3 hayvan yaşamı mı var? Bu durumda, daha az sayıda hayvana karşı bitkiler baskın olan varlıklardır. Bunun yalnızca bir açıklaması olabilir: Bitkiler bizim düşünmeye meyilli olduğumuzdan çok daha gelişmiş, uyum sağlayabilen ve zeki varlıklardır.

"Bitki Zekası"nın Varlığından Söz Edebilir miyiz?

Zeka kelimesi bitki dünyasından bahsederken kullanıldığında neden bu kadar kulak tırmalayıcıdır? Bu soru, bu bölüm sırasında cevaplanacak, ancak şimdilik, gelin bitkiler hakkında düşünme şeklimizi ve onlara bakışımızı şartlandıran şu binlerce yıllık önyargı ve yanlış düşünceleri hatırlayalım. *Bitki zekası* ifadesini kullanmamızdaki birçok geçerli sebebi açıklayabilmek için daha önce detaylı olarak bahsettiğimiz konulardan bazılarını yeniden gözden geçireceğiz.

Hayvanların aksine, bitkiler yerleşik canlılardır ve (hepsi olmasa da) toprağa demirli olarak yaşarlar. Bu durumda hayatta kalabilmek için, kendilerini beslemenin, üremenin ve kendilerini savunmanın hayvanlardan farklı yollarını geliştirmişler ve dış saldırılarla başa çıkabilmek için bedenlerini modüler olarak yapılandırmışlardır. Bu yapı sayesinde, hayvan yırtıcılar (örneğin otçul bir canlımım yaprakların ya da dalların bir kısmını yemesi) ciddi bir sorun teşkil etmez. Bitki, beyin, kalp, akciğerler, bir ya da daha fazla mide gibi özelleşmiş organlara sahip değildir çünkü eğer sahip olsaydı, bu kısımların yaralanması ya da koparılması (az önce bahsettiğimiz otçul tarafından) tüm organizmanın yaşa-

mını tehlikeye sokardı. Bitkilerde, hiçbir kısım tek başına vazgeçilmez değildir; üstelik yapı genellikle gerekenden fazlasını içerir, birbiriyle etkileşim halinde olan tekrarlanan modüllerden oluşmuştur ve belli koşullarda bu parçalar kendi kendine hayatta kalabilir. Bu özellikler bitkileri hayvanlardan çok daha farklı kılar ve bir bireyden çok koloniye benzemelerine yol açar.

Bitkilerin bizden çok farklı bir yapıya sahip olmasının sonuçlarından biri de, bitkilerin bizden, bazen onların hayatta olduğunu unutmamıza sebep olacak kadar uzak, uzaylı gibi, görünüyor olmasıdır. Neredeyse tüm hayvanlarda bir beyin, bir kalp, bir ya da daha fazla ağız, akciğer, mide gibi benzer organlar paylaşıyor olmamız, onları bizim için çok daha yakın ve anlaşılabilir kılar. Ancak bu durum bitkilerde tamamen farklıdır. Eğer bir kalpleri yoksa, bunun anlamı dolaşım sistemleri olmaması mıdır? Eğer akciğerleri yoksa nefes almazlar mı? Ağızları yoksa yemek yemezler mi ve bir mideleri yoksa sindirim yapmazlar mı? Daha önce de gördüğümüz gibi, bu soruların her birine iyi bir bitki cevabı bulunur ve onları kontrol edecek ya da gerçekleştirecek bireysel organlar olmasa da tüm bu işlevler gerçekleştirilebilir. Öyleyse kendimize şunu sormayı deneyelim: bitkilerin beyni olmadığına göre, düşünemezler mi?

Bitki zekası ile ilgili ilk önyargı şu şüpheden gelir: Bu iş için tasarlanmamış bir organ olmadan bir iş nasıl gerçekleştirilebilir? Daha önce bitkilerin ağzı olmadan beslendiğini, akciğerleri olmadan nefes aldığını, bizimkiler gibi duyu organlarına sahip olmadıkları halde gördüklerini, tat aldıklarını, hissettiklerini, iletişim kurduklarını gördük. Öyleyse neden düşündüklerinden şüphe duyalım ki? Bir bitkinin beslendiğini veya nefes aldığını kimse inkar edemez, öyleyse neden yalnızca düşünebildikleri hipotezi katı bir şekilde reddediliyor?

Burada bir adım geri çekilip kendimize sormalıyız; zeka nedir? Çünkü bu kavram öyle geniş ve sınırlarının çizilmesi zor ki doğal olarak çok sayıda farklı tanımlamalar var. (Bunlardan en eğlenceli olanı psikolog Robert Sternberg'in söylediğidir "öyle görünüyor ki *zekanın* neredeyse, zekayı tanımlaması istenilen uzmanların sayısı kadar çok tanımı vardır.")

Öyleyse ilk yapmamız gereken, bizim durumumuza uygun tanımlamayı seçmek. Bitkiler için, görece geniş bir tanım kullanabiliriz: "zeka problem çözme yeteneğidir." Uygun olan başka tanımların da olduğu kesin ancak buna bağlı kalalım. İlginç bir alternatif de zekayı eşsiz bir insan yeteneği olarak görmek olurdu çünkü zeka, diğer tüm canlılar uygun bir şekilde adlandırmamız gereken farklı özellikte "yeteneklere" sahipken, soyut düşünceye ya da başka bir tipik insani kavramsal yeteneğe bağlanacaktır. Kulağa mantıklı geliyor. Fakat doğru mu? Bizi insan yapan taklit edilemez özelliklerimiz nelerdir?

Yapay Zekadan Ne Öğrenebiliriz?

Bizim zekamızın tipik ve taklit edilemez özelliklerini tam olarak belirlemek kolay değildir. Yardımcı olması için yapay zeka (AI) çalışmalarına bakabiliriz, insan zekasını neyin oluşturduğunu ve onu mekanik kopyasından ayıranın ne olduğunu keşfetmek için on yıllarını harcamış bir alan. Bu tür soruları kesin bir şekilde cevaplamak için yapay zeka alanındaki dünyanın en iyi uzmanları her yıl, bilgisayar programlarının "Turing Testi" olarak bilinen testi gerçekleştirdiği Loebner ödülü için bir araya geliyor. Bu test, bilişim biliminin babalarından olan, büyük matematikçi Alan Turing (1902-1954)'un ismini almıştır. Turing, 1950'de makinelerin düşünebildiği bir gün gelip gelmeyeceğini ve eğer düşünebilirlerse bizim nasıl bilebileceğimizi merak etmişti.

Karmaşık teorik modeller peşinde koşmak ya da zekanın tanımlarını zorla tamamlamaya çalışmak yerine, Turing çok basit görünen bir deney tasarladı; bir insan heyeti, her biri bir bilgisayar birimi aracılığıyla herhangi bir konu üzerinde iki görünmez muhatap ile söyleşecekti, biri yazılım programı, diğeri bir insan. Yargıçların görevi ise hangi muhatabın insan, hangisinin makine olduğuna karar vermekti.

Turing, makinenin beş dakikalık bir konuşmadan sonra yargıçların yüzde otuzunu kandırmayı başardığında testi geçmiş olması ve bu gerçekleşene kadar testin tekrarlanması gerektiği kuralını koydu. Bunun 2000 yılına kadar gerçekleşeceği ve "insan yalancı çıkarılmayı beklemeden makinelerin düşünebildiği konu-

sunda konuşabilecek" öngörüsünde bulundu.

Bugün hiçbir makine yargıçların yüzde otuzunu kandıramadı ancak o teslimiyet anı hızla yaklaşıyor ve biz de bir yazılımın insan sohbetini mükemmelen taklit edebileceği noktaya yaklaşıyoruz. O zaman gerçekten de düşünebilen makinelerden söz edebilecek miyiz? Turing'e göre, evet. Biz insanlar için o noktada neler değişir? Söylemesi zor.

Binlerce yıldır, kendimizin yaşayanların en yücesi olduğumuzdan ve evrenin merkezinde olduğumuzdan emindik, ancak son zamanlarda bu inancımız acı verici bir şekilde yalanlandı ve kuşkusuzluğumuz derinlemesine sarsıldı. Bir düşünün: ilk önce, evrenin köşesindeki bir galaksideki çok önemsiz bir gezegende yaşadığımızı fark ederek dünya merkezli sistemimizden vazgeçmek zorunda kaldık. Ardından, diğer hayvanlarla benzerliğimizi ve hatta belli hayvanlarla ortak atalarımızı kabul etmek zorunda kaldık. Ne tokat ama!

Bu noktada kendimizi diğer canlılarından ayırmak için geçilemez engeller kurmaya başladık: İnsanlar dil kullanan tek canlılardır (yanlış), sözdizimsel kurallar kullanan tek canlılardır (doğru değil), alet kullanan tek canlılardır (yanlış-ahtapotlar bile alet kullanır!). En azından bir kez, karmaşık matematiksel hesaplamaları yapabilen tek canlılardık ancak bugün kimse birkaç dolara alınabilecek bir hesap makinesi ile yarışamaz. Birkaç yüzyıl boyunca yavaş ama amansız bir geri çekilmeye zorlandık, sonu görünmeyen ve birçok temel çıkarıma sahip bir geri çekilme. Örneğin, bir zamanlar bize özel bir alan olarak düşündüğümüz entelektüel karakteristiklerimizden bazılarının makineler tarafından giderek artan bir yetenekle taklit edilebilmesine ve üstün gelmesi gerçeğinin işaret ettiği nedir? Bugün, bir bilgisayar en iyi satranç şampiyonlarımızı yenebilir; her türlü bilgiyi neredeyse sınırsız miktarda ezberleyebilir; tahminler yapabilir; tercüme edebilir ve hatta müzik yaratabilir (çok iyi olmasa da). Genel olarak, yapay zekanın bu başarılarına karşılığımız hiçbirinin kendi içinde gerçek bir zeka göstermediğini söylemektir. Ancak eğer bu yönde ilerlemeye devam edersek ve bir gün kendi zekamızın özel ürünü olduğunu sandığımız her şeyin kopyalanabildiğini ve hatta bir

makine tarafından geliştirilebildiğini görürsek, ona göre daha aşağıda olan konumumuzu kabul etmemiz gerekmez mi? Kısaca, zekayı diğer canlılarla farkımızın arasında bir duvar olarak kabul etmek mi daha akıllıca olur, yoksa zekanın tüm diğer hayvan ve bitki türleri ile ortak olan bir özellik olduğunu itiraf etmek mi?

Zeka Birleşir, Bölünmez

Çoğu hayvanın zekasını kabul etmekten çekinmeyiz çünkü alet kullanarak yiyecek elde etme, bir dil geliştirme, bir labirentten çıkma ya da diğer türden sorunları çözme yeteneklerini gösterir. Öyleyse şimdi şunu soralım: bitkiler de aynısını yapabilir mi? Evet, sürekli yapıyorlar! Diğer türleri sıklıkla kullanmayı içeren karmaşık stratejiler kullanarak kendilerini yırtıcılardan koruyorlar, tozlaşmada güvenilir "taşıyıcılar"dan yardım alıyorlar, engellerden kurtuluyorlar, birbirlerine yardım ediyorlar, hayvanları avlayabiliyor ya da kendilerine çekebiliyorlar, besine, ışığa ve oksijene ulaşmak için hareket edebiliyorlar. Öyleyse neden bitkilerin zeki canlılar olarak kabul edilmeyi tamamen hak ettiklerini itiraf etmiyoruz? Davranışlarını gerçekten gözlemlemiş olan herkes için açıkça ortada olan bir gerçeği inkar etmek yerine, sorun çözme yöntemlerini biz insanlar için de değerli bilgi kaynakları olarak değerlendirmeliyiz.

Zeka yaşamın özelliğidir, en mütevazı tek hücrelinin dahi sahip olması gereken bir şey. Her canlının, devamlı temelde bizim karşılaştığımız sorunlardan çok da farklı olmayan sorunları çözmesi istenir. Bir düşünün: besin, su, barınak, yoldaşlık, savunma, üreme bunlar en zorlu sorunlarımızın altında yatan unsurlar değil midir? Zeka olmasaydı, canlılık da olmazdı. Bu basit gerçeği kabullenmek, bizi rahatsız etmemeli: İnsanların zekası elbette ki bir bakterinin ya da tek hücreli bir alginkinden daha fazladır. Ancak temel nokta, bu farkın yalnızca sayısal olmasındadır, niteliksel değil.

Eğer zekayı sorunlara cevap verme kapasitesi olarak tanımlarsak, üzerinde zekanın ortaya çıktığı ve altında yalnızca otomatların (çevresel uyaranlara otomatik bir şekilde cevap veren varlıklar) olduğu bir tür sınır işaretlemek mümkün olmaz. Buna katılmayan ve belli hayvanların zeki olup diğerlerinin olmadığını

düşünenler, evrimin tam olarak hangi aşamasında zekanın ortaya çıktığını bize açıklamaya hazır olmalıdır.

Bir deneyelim: İnsanlar zekidir, kesinlikle kimse bunu sorgulamaz! Ya primatlar? Onlar da zeki bu kanıtlanmıştır. Köpekler? Kesinlikle öyleler. Kediler? Bir kediyle yaşayan herkes onların zeki olduklarına yemin edecektir. Peki ya fareler, onlar da zeki değil mi? Tabi ki! Karıncalar için ne derdiniz? Kesinlikle. Eh, ya ahtapotlar? Sürüngenler? Arılar? Ya bir labirentten çıkabilen ya da tekrarlayan olayları ön görebilen amipler? Öyleyse zekanın sihirli bir şekilde ortaya çıktığı bir üst sınır var mıdır? Yoksa evrimsel olarak daha uygun bir şekilde zekayı yaşamın doğasında varolan bir şey gibi mi düşünmeliyiz? Hem, eğer öyle olmasaydı çözmemiz gereken çok daha zorlu sorunlarımız olurdu.

Eğer zekayı bir çeşit sınırı geçmek olarak varsayarsak, bu sınırın sabit mi oluğunu ve dolayısıyla sınırın biyolojik mi, yoksa kültürel mi ve buna bağlı olarak zamana ve mekana göre değişken olabilen mi oluğunu sormamız gerekir. 1800'lü yıllarda çok az insan bir hayvanın zeki olarak tanımlanabileceğini düşünürdü. Bugün, hiçbir bilim insanı bir maymunun, köpeğin ve hatta kuşun zekasını inkar etmeyi hayal dahi etmez. Bakteri zekasına dair oldukça fazla kaynak bile bulunuyor. Öyleyse neden bitki zekası hakkında konuşmayalım?

Gerçekte, çok iyi bildiğimiz gibi, her bitki çok miktarda çevresel değişken (ışık, nem, kimyasal içerik, diğer bitkilerin ya da hayvanların varlığı, elektromanyetik alanlar, yerçekimi vb.) kaydeder ve bu bilgilere dayanarak besin, rekabet, savunma, diğer bitki ve hayvanlarla ilişkiler konularında kararlar alması gerekir; zeka kavramına başvurmadan hayal etmesi zor bir etkinlik! Dahası, yaşamış en büyük dahilerden biri, Charles Darwin, bir yüzyıldan uzun süre önce bitkilerin esrarlı bir şekilde gelişmiş yeteneklere sahip oluğunu fark etmişti. Ancak çağ pek dost canlısı değildi ve kendisine ölümsüz şöhretini getiren türlerin evrimi teorisi de dahil diğer teorilerini gayretlice savunmayla meşgul olan Darwin bu konu hakkında yorumlarını botanikle ilgili birkaç çalışma ve özellikle, olağanüstü bilimsel değerleri ancak son zamanlarda ortaya çıkmış olan "defterleri" ile sınırlandırdı. Darwin'in

botaniğe adadığı altı kitabından biri onun bitkiler hakkında gerçekte ne düşündüğünü anlamak için temeldir. Bu kitap, tamamıyla deneysel bilgiyle dolu olan tek kitaptır ve başlığıyla bile devrimsel bir kitaptır: *Bitkilerde Hareketin Gücü* (bknz. bölüm 1).

Charles Darwin ve Bitki Zekası

Charles Darwin bitki dünyası ile Cambridge'de bir teoloji öğrencisi iken botanikçi ve jeolog John Henslow (1796-1861) tarafından verilen derslere katılırken tanışmıştı. Kısa zamanda Henslow'un ayrılmaz öğrencisi haline gelerek, diğer profesörlerce "Henslow ile yürüyen adam" olarak bilindi. Henslow'un Darwin'in hayatındaki etkisi önemlidir. Kaptan Robert FitzRoy'un Darwin'i HMS *Beagle* gemisine "gentleman companion" olarak kabul etmesi Henslow'un tavsiyesi üzerine gerçekleşmiştir. Üstelik Darwin botaniğin temellerini Henslow'dan öğrenmişti ve hepsinden öte bitki dünyasına karşı hayatının sonuna kadar sürecek olan tutku da Henslow'dan geçmiştir. Cambridge'deki ilk yıllarında başlayıp takip eden on yıllar boyunca Darwin kendini coşkulu bir şekilde bitki çalışmalarına adayarak bu büyüleyici yaratıklarda evrim teorisi için kanıtlar aradı ve neredeyse öldüğü güne kadar onlara ilgisini korudu. (Bilinen son mektubu, ölümünden yalnızca dokuz gün önce yazılmıştı, bir bitkiyle ilgiliydi).

Botaniğin tarihini değiştirmeye yazgılı kitap *Bitkilerde Hareketin Gücü*'nün devrimsel etkisini anlamanın anahtarı, kitabın son paragrafındadır, Darwin'in onun için geleneksel hale gelmiş uygulaması olduğunu bildiğimiz, araştırmasının temel sonuçlarını belirttiği paragrafta. Bir bitkinin kök sisteminin hareketleri ve bir tür bitki zekası varlığı arasındaki ilişki üzerine şöyle yazmıştır:



Şekil 5-1. Charles Darwin. Sıra dışı botanikçi bitkilerin yeteneklerinin hayranıydı (Stefano Mancuso'nun çizimi).

Radikulanın ucunun böylece donanımlı [hassaslıkla] ve bitişik kısımların hareketini yönlen-

dirme gücü olduğunu, gelişmemiş hayvanlardan birinin beyni gibi davrandığını söylemek hiç de abartılı olmayacaktır; vücudun ön ucunda yerleşmiş, duyu organlarından etki alan ve birçok hareketi yöneten bir beyin.

Dahası, çığır açan çalışmasının beş yüzden fazla sayfasında parlak bilim insanı bitkilerin sayısız hareketini betimlemiş, kitabın dörtte üçünden fazlasında köklerin hareketine yoğunlaşmıştır. Gözlemleri özellikle kökler üzerine yoğunlaşmıştır çünkü bu kısım, hayvanların davranışları ile en fazla benzerlik gördüğü ve diğer canlılara davranışsal benzerliklerin en iyi örneklerini oluşturan kısımdır. Aslında, zekayı işaret eden aşamaların tipik dizilimini gördüğümüz yer köktür ya da tam olarak belirtmek gerekirse kök ucudur, her bir kökün en uç kısmı: çevresel uyaranın alınması, hareketin yönüne karar verilmesi, amaçlı hareket.

Darwin bir solucan ya da başka bir az gelişmiş hayvan beyni ile kök ucu arasında önemli bir fark olmadığına ikna olmuştu:

> İnanıyoruz ki bitkilerde, işlevleri göz önüne alındığında, radikulanın ucundan daha muhteşem bir yapı yoktur. Eğer uç hafifçe ezilir, yakılır ya da kesilirse, bağlı bulunan üst kısmına bir etki iletir ve etkilenen kısımdan uzağa eğilmesini sağlar; [...] Eğer uç havanın bir tarafta diğerinden daha nemli olduğunu algılarsa benzer şekilde üst bitişik kısma bir mesaj gönderir ve neme doğru yönelim sağlanır. Uç ışıkla rahatsız edilirse [...] bağlı kısım ışıktan uzağa eğilir; ancak yerçekimi tarafından uyarıldığında aynı kısım yerçekimi merkezine doğru eğilir.

Darwin, kök ucunun farklı parametreleri kaydedebilen ve tepki verebilen gelişmiş bir duyu organı olduğunun fark eden ilk bilim insanıydı. Kök ucunun dış uyaranlara hassas olduğunu öne sürdükten sonra bu bölgenin kökün bağlı olduğu parçalarındaki hareketi tetikleyebilen sinyallerin oluşturulduğu yer olduğunu da önerdi. Deneylerinde kök ucu cerrahi olarak çıkarıldıktan sonra kökün hassasiyetinin çoğunu kaybettiğini gözlemledi: örneğin yerçekimini algılayamıyor ya da toprağın yoğunluğunu ayırt edemiyordu. Böylece Darwin, bir yüzyıl sonra "kök-beyin hipotezi" olarak bilinecek olan kavramı açıkça ifade etti ve aynı zamanda

kök fizyolojisi çalışmalarını başlatmış oldu. Darwin'in kökler için tanımladığı "bitkinin yaşamı için önemli" olduğu kaçınılmaz bir karardı.

Darwin'in diğer çoğu fikrinde olduğu gibi bilim camiası tarafından aldığı tepki coşkulu olmaktan çok uzaktı. En büyük muhalefet Alman botanikçilerden geldi, tıpkı Darwin'in de tahmin ettiği gibi. 1879'da Profesör Julius Victor Carus'a bir mektupta şöyle yazmıştı: "Oğlum Francis ile birlikte bitkilerin genel hareketleri üzerine oldukça büyük bir cilt hazırlıyorum ve sanırım bir hayli yeni konu ve görüş çıkardık. Korkarım görüşlerimiz Almanya'da çok fazla muhalifle karşılaşacak..."

Onların düşmanca yaklaşımının altında yatan sağlam bilimsel düşünce değil, her şeyden öte büyük botanikçi Julius von Sachs'ın (1832-1897) Darwin'in yaptığını haksız bölge işgali olarak görmesine duyduğu kızgınlıktı. Sachs, o zamanlar çok saygı duyulan bir botanikçiydi ve Darwin'in çalışmasını bir amatörün - "bir kır evi denetçisinin"- bulguları olarak değerlendirmişti. Darwin'in araştırmaları bitki fizyolojisindeki kendi ciddi çalışmaları ile karşılaştırılamazdı.

Bitkilerde Hareketin Gücü kitabının yayınlanmasının ardından Sachs asistanlarından birine, Emil Detlefsen'e, Darwin'in deneylerini tekrarlamasını istedi, özellikle de şapkanın (kök ucunun dış kısmı) çıkarılmasından sonra kökün davranışı ile ilgili olan deneyleri. Burada açıkça anlaşılan o ki hedefi Darwin'in sonuçlarının geçerliliğini çürütmekti. Detlefson görev duygusuyla deneyleri tekrarlamaya girişti ancak daha sonra ortaya çıktığı üzere, Darwin'e Sachs'ın laboratuarında duyulan düşük saygıdan ötürü deneyler dikkatsizce yapılmıştı ve Darwin'inkinden farklı sonuçlar vermişti.

Bu noktada Sachs'ın tepkisi şiddetliydi. Her iki Darwin'i de, hem baba hem oğlu, deneyleri uygunsuz şekilde gerçekleştirmekle (tam olarak "amatörler" gibi) ve yanlış sonuçların üzerine atlamakla suçladı. Onlar da, elbette, çalışmalarını savundular.

Bu ünlü botanikçiler arasındaki çarpışma bilim camiasına da yansıdı ve başlı başına tanınmış bir botanikçi olan Sachs'ın eski öğrencisi Wilhelm Pfeffer'i (1845-1920) kısa süre sonra deneyleri

tekrarlaması için harekete geçirdi. Bunu yapmasının altında yatan sebep yalnızca bilim ruhuydu ve onun araştırması Darwinler tarafından elde edilenle birebir aynı sonuçları verdi! Pfeffer tereddütsüz bir şekilde kendi kitabında, *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie* (Bitki Fizyolojisi Kılavuzu, baskı 1874) iki bilim insanının muhteşemliğini onayladı, bu kitap da her zamankinden daha da sert olarak Sachs tarafından "sindirilmemiş gerçekler yığınından başka bir şey olmadığı" gerekçesiyle umursanmadı.

Bugün, elbette, Darwin'in haklı olduğunu biliyoruz. Aslında, kök ucu Darwin'in sandığından daha da gelişmiş, çevredeki sayısız fizikokimyasal parametreyi belirleyebiliyor.

Zeki Bitki

Bu bölüme zaten apaçık ortada olanı tekrarlayarak başlayacağız: bitkilerin beyni yoktur. Bunu geçtiğimiz sayfalarda defalarca söyledik ancak daha da açık olması için yeniden tekrarlıyoruz: bitkilerin bizim anladığımız şekildeki beyne uzaktan da olsa benzeyen bir organı yoktur.

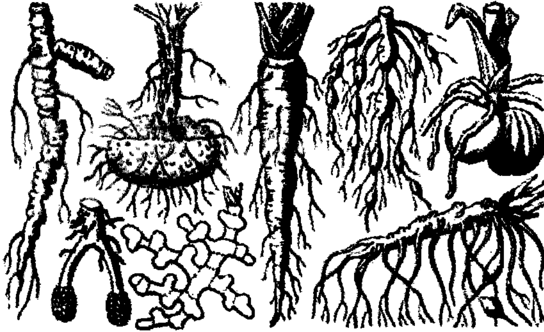
İnsanlarda beyin; zekanın olduğu yerdir ve bir insanda belirgin zihinsel becerilerin varlığına ya da yokluğuna işaret etmek için "beyne sahip" ya da "beyinsiz" gibi ifadeler kullanırız.

Bir çeşit zekaya sahip olduğunu kabul ettiğimiz pek çok bilindik hayvan gibi, biz de karmaşıklık ve çalışmasının çoğu kısmını anlayamadığımız ve onsuz en azından hayvanlar aleminde bilişsel anlayışın olamayacağı bu organları donanmış bulunuyoruz. Şimdi sormamız gereken ilk soru şu: Beyin gerçekten de "zekanın" üretildiği tek yer midir? Vücuda sahip olmayan bir beyin yine de zeki olabilir miydi yoksa tam tersine hiçbir özel karakteristiği olmayan bir yığın hücre olarak mı görünürdü? Bu yığının içerisinde herhangi zekadan bir iz bulabilir miydik? Cevap su götürmez bir şekilde, hayırdır. En muhteşem dahilerimizin beyinleri özünde mideden daha fazla zeki değil. Bu sihirli bir organ değil ve kesinlikle kendi başına bir şey yaratamaz. Bedenin kalanından gelen bilgi her tür zeki cevap için son derece gereklidir.

Diyorduk ki, bitkilerde kavrama ve vücut fonksiyonları ayrı ayrı değil, her hücrede aynı anda vardır: Yapay zekayla uğraşan

bilim insanlarının "şekillendirilmiş ajan" dediği, kendi fiziksel bedeni ile dünyayla etkileşimde bulunan zeki bir ajanın gerçek, yaşayan bir örneği.

Evrimin bitkilere, işlevleri özelleşmiş organlarda toplamak yerine tüm canlı organizmaya yaydığı modüler bir yapı verdiği bilgisinin üzerinde defalarca durduk. Bu, daha önce gördüğümüz üzere, bitkilerin hayatta kalışlarını tehlikeye atmadan kendi organizmalarının en temel parçalarını bile kaybetmelerine olanak sağlayan temel bir stratejik seçimdir. Yani bir bitki akciğerlere, karaciğere, mideye, pankreasa, ya da böbreklere sahip değildir. Buna rağmen hayvanlarda bu organlar tarafından gerçekleştirilen tüm işlemleri yürütebilir. Öyleyse neden bir beyne sahip olmamak onu zeki olmaktan alıkoymak zorundadır ki?



Şekil 5-2. Kök sistemlerine örnekler. Kökler bitkilerin saklı yarısıdır ve en ilginç kısmıdır. Çizimde çeşitli tipleri görülüyor.

Köke bir bakalım, daha önce gördüğümüz üzere Darwin'in, bitkinin karar verme ve yönlendirme kapasitesine sahip olduğunu fark ettiği kısmına. Uç kısmı, kök ucu, evrensel olarak bilinen yer altı büyümeyi yönlendirme ile su, oksijen ve besin maddeleri arayışı için toprağı keşif görevlerine sahiptir. Yine de, "su ara" ya da "aşağı doğru büyü" gibi basit talimatlarla yönetilen otomatik bir büyümenin varlığını öne sürmek kesinlikle kolay olacaktır. Böyle bir durumda kökün işi son derece kolay olurdu: su tespit et ve o yönde büyü ya da yerçekimi gücü tarafından yönlendirilerek aşağı doğru büyü. Oysa gerçekte kökün bundan çok daha karmaşık bir

görevi vardır. Gerçekleştirmesi gereken çok fazla görev ve dengelenmesi gereken farklı ihtiyaçlar var; kök ucunun toprağı keşfi sırasında kökü yönlendirirken karmaşık değerlendirmeler yapması gerekir.

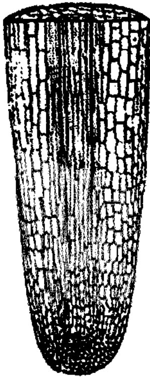
Oksijen, mineral tuzlar, su ve besin maddeleri genellikle toprağın farklı bölgelerinde bulunur ve bazen birbirlerinden çok uzaktadır. Bu nedenle kökün mütemadiyen kritik kararlar vermesi gerekir: Sağa doğru yönelip çok ihtiyaç duyduğu fosfora mı ulaşmalı, yoksa sola doğru yönelip her zaman yetersiz olan azota mı ulaşmalı? Su arayışı içinde aşağı mı büyümeli yoksa nefes almak için iyi hava olması çok daha mümkün olan yukarıya doğru mu büyümelidir? Birbirine zıt seçimler gerektiren ihtiyaçları nasıl uzlaştırmalı? Bunlara ek olarak, kökün yolda sık sık kaçınması gereken engellerle ya da "kaçınması" ve kendini koruması gereken belli düşmanlarla (başka bitki, parazitler) karşılaştığını da unutmayalım ve bu yalnızca bir başlangıçtır. Çünkü; bunlardan sonra tek bir kökün bölgesel ihtiyaçları ile tüm bitkinin diğerinden farklı olabilen genel ihtiyaçları karşılaştırmalı olarak hesaplanmak zorundadır.

Onca değişken ve her biri yaşam için son derece önemli! Bir bitki, köklerinin tümünün aynı noktaya doğru büyümesini, bir ihtimal su arayışı içinde, nasıl engelleyebilir? Eğer kök büyümesi otomatik olarak kontrol edilebiliyor olsaydı bu gerçek, somut bir tehlike olurdu. Bu soruyu ele almak için, bu noktada olağanüstü kök ucunun nasıl yapıldığını ve nasıl çalıştığını anlamak çok önemlidir.

Uç, kökün bitiş noktasıdır ve büyüklüğü milimetrenin birkaç onda birinden (örneğin *Arabidopsis thaliana* gibi) birkaç milimetreye (mısırdaki gibi) kadar türden türe çeşitlilik gösterir. Genellikle rengi beyaz olan uç, kökün hayati önem taşıyan kısmıdır, uzanan ve en fazla duyusal kapasitesi olan kısmıdır; aynı zamanda aksiyon potansiyellerine bağlı olarak yoğun elektriksel aktivite alanıdır; hayvanların beyinlerindeki nöronlarda oluşan sinyallere çok benzer olan elektriksel sinyaller. Her bir bitki milyonlarca kök ucuna sahiptir: çok küçük bir bitkinin kök sistemi bile 15 milyondan fazla kök ucuna sahip olabilir!

Her bir kök ucu daimi olarak yerçekimi, sıcaklık, nem, elektriksel alan, ışık, basınç, kimyasal değişimler, zehirli madde varlığı (zehir, ağır metal), ses titreşimleri, oksijen ve karbondioksit varlığı ya da yokluğu gibi sayısız parametre tespit eder. Etkileyici bir liste ancak eksiksiz olmaktan çok uzak; bu parametrelerin sayısı araştırmacılar tarafından sürekli güncelleniyor ve yıldan yıla artıyor. Kök ucu bunları daimi olarak kaydediyor ve bitki organizmasının bölgesel ve genel ihtiyaçlarını göz önüne alan gerçek bir hesaplamaya dayanarak kökü yönlendirir.

Hiçbir otomatik tepki kök ucunun gereksinimlerine cevap veremez! Gerçek şu ki, her bir kök ucu gerçek bir "bilgi işlem merkezi"dir; tek başına çalışmaz, bitkinin kök sistemini meydana getiren milyonlarca diğeriyle birlikte bir ağ örgüsü içinde çalışır.



Şekil 5-3. Kök ucu. Her bir kök ucu gelişmiş bir duyu organıdır.

Her Bitki Canlı Bir İnternet Ağıdır

Şimdiye kadar, bireysel bir kök ucunun çalışmasını ele aldık ancak çavdar ve yulaf gibi küçük bitkilerin bile onlarca milyon kök ucu varken ağaçların – özellikle bu konuda yapılmış bir çalışma bulunmamasına rağmen – yüzlerce milyon kök ucuna sahip olduğunu varsaymak makuldür. Tüm bu kökler nasıl birlikte çalışır? Aynı bitkinin ayrı kök uçları birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmemeli, birlikte çalışma kapasitesine sahip bir ağ örgüsü olarak değerlendirilmelidir.

Burada neden bahsettiğimizi anlamak için, interneti düşünelim, insanlar tarafından oluşturulmuş en büyük ve en güçlü ağı.

Çok karmaşık hesaplamaların çözümü için araştırmalar son zamanlarda, bizim bitkiler üzerine olan tartışmamızla yakından ilişkili olan iki farklı yönde gelişti. Bir taraftan gittikçe daha güçlü olan ve hayrete düşüren miktarlarda hesaplamaları çok kısa sürelerde yapabilen (2012'den beri çalışmakta olan IBM bilgisayarı Sequoia 6,7 milyon insanın hesap makinesi ile günde 24 saat ça-

lışarak 320 yılda yapabileceği bir dizi hesaplamayı bir saatte tamamlayabiliyor) özel megabilgisayarların üretilmesine sebep oldu; diğer taraftan da internet gibi bir ağ tarafından toplamda sahip olunan uçsuz bucaksız hesaplama kapasitesinin kullanılmasına yönlendirdi. Bu iki birbirine zıt strateji, canlı organizmaların hesaplama kapasitesini yükseltmek için evrim tarafından vuku bulanları hatırlatıyor: Bir tarafta giderek daha büyük ve daha iyi çalışan özel beyinler (Sequoia'nın rolünü burada insanlar üstleniyor); diğer tarafta ise, dağıtılmış bir zeka, böcek toplumlarında ve bitkilerde gördüklerimiz gibi.

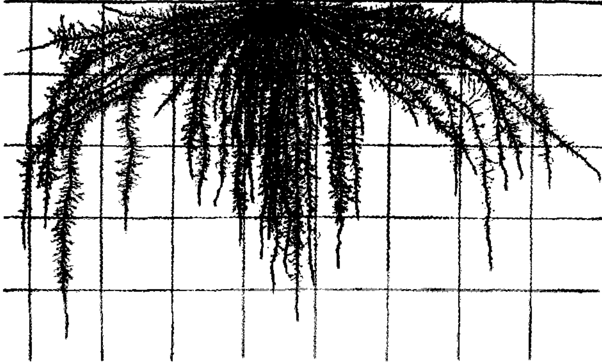
Bir süper bilgisayarın hesaplama hızı (birim zamanda) son derece önemlidir ve her zaman internet gibi bir bilgisayar ağınınkini aşacaktır, ancak ağ tarafından sunulan güvenlik de hafife alınmaması gereken önemli bir etkendir. İlk sürümü (Arpanet) DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency, A.B.D. Savunma Bakanlığının bir programı) tarafından oluşturulan internet ağı, başlangıçta geniş ölçekli bir nükleer saldırıya karşı koyabilmesi için modüler olarak tasarlanmış ve kurulmuştu. Ağı oluşturan ferdi bilgisayarların çoğunluğu kullanılmaz hale gelse dahi – can alıcı nokta burası – ağın modüler yapısı varlığını sürdürmeyi ve dolayısıyla bilgi iletimini teminat altına alacaktı.

Bu size tanıdık geldi mi? Bu, bitkiler tarafından benimsenmiş olan aynı strateji: milyonlarca kök ucu bir ağ içinde çalışıyor ve böylece önemli bir kısmın bile tahribi ya da yenilmesi ağın varlığını sürdürmesini riske atmıyor. Tek başına, bir kök ucunun çok büyük bir hesaplama kapasitesi yoktur ancak diğer kök uçları ile beraber olağanüstü becerilere sahip olur; tıpkı tek başına stratejiler oluşturamayan, ama diğer karıncalarla birlikte çalışarak doğadaki en karmaşık ve yapısal halklar arasında olan bir toplum yaratan karıncalar gibi.

Fakat kökler birbirleriyle birlik olup iş birliği yapmayı nasıl başarıyorlar? Henüz kesin olarak bilmiyoruz ancak güncel çalışmalar ilginç hipotezler kurmamıza olanak sağlıyor.

İlk olarak kök sistemi, köklerin birbirlerine anatomik olarak bağlı oldukları fiziksel bir ağdır. Yine de bu bağlantı hiç de en önemlisiymiş gibi görünmüyor. Aslında, her bir kökün diğerle-

riyle iletişim kurmasını sağlayan sinyaller muhtemelen bitkinin içerisinden geçmiyor. Bu nasıl mümkün olabilir?



Şekil 5-4. Sekiz haftalık bir mısır bitkisinin kök sistemi. Bir kök sistemi on milyonlarca kök ucundan oluşmuştur.

Karınca benzetmemize dönecek olursak, kök uçlarını bir böcek kolonisi olarak hayal etmeye çalışın; karıncalar fiziksel olarak birbirlerine bağlı bile değiller ve buna rağmen kimyasal sinyaller yoluyla eş-güdümlü bir şekilde hareket ediyorlar. Belki de kökler de benzer bir şey yapıyordur? Bitkiler her türden ve her amaç için kimyasal moleküller üretme sanatının ustasıdır; bu nedenle eğer hipogeal (toprak altı) kısımlar da toprak üstü kısımlar gibi birbiri ile iletişim kurmak için kimyasallar salgılasaydı, bu hiç de şaşırtıcı olmazdı.

Ancak şimdi hipotezlerin dünyasına adım attık ve bu yüzden diğer olasılıkları da değerlendirmeliyiz. Örneğin kök uçları elektromanyetik alanlara karşı, yakındaki kök uçlarının sebep oldukları da dahil, son derece hassas olabilir ve buna göre davranıyor olabilir. Ya da diğer köklerin büyürken çıkardıkları sesleri algılıyor olabilirler. Bildiğimiz gibi (bakınız Bölüm 3) güncel çalışmalar gösteriyor ki büyüyen her kök, yakındaki bitkilerin kök uçları tarafından algılanıyor olabilen "çıtlamaya" benzer bir ses çıkarıyor. Öyleyse, çok pratik bir iletişim sistemi olurdu: daha önce gördüğümüz gibi, bu sesler bitkiler tarafından kasten çıkarılıyor gibi görünmüyor, daha çok büyüme sırasında hücre duvarlarının kı-

rılmasından kaynaklanıyor. Bu durumda bu, sözüm ona tutumlu bir sinyal olurdu, amacını gerçekleştirirken bu sesin üretilmesi için gerekli olan çabayı ya da daha doğrusu enerji giderini bitkiye bağışlayan bir sinyal.

Bir Kök Kolonisi

Baharda akşamüstü gökyüzünde hızlı hareket eden siyah bulutlardan birini, birlikte uçan binlerce kuştan, çağrıştırıcı görüntüler oluşturan bir sürüyü gözünüzün önüne getirin. 1970'lere kadar kuşların bu eş-güdümlü hareketi gerçek bir gizemdi; teorik olarak, birbirlerine bu kadar yakın uçtukları için sürekli olarak çarpışmaları gerekirdi. Bilim insanları karanlıkta el yordamıyla cevapları aradılar, bazıları (ciddi bilimsel dergilerde) kuşların telepati yetenekleri olduğunu bile öne sürdü! Aslında son derece basit bir açıklaması vardı ancak bu gizemin önündeki perde yakın zamana dek kaldırılamadı.

Bir sürüde, her kuş birkaç temel kuralı takip eder, örneğin önündeki ve sağındaki kuşlardan belirli birkaç santimetre uzaklığı korumak gibi; bu, tüm kuşların eş güdümlü uçuşunu garanti altına almak için yeterlidir, binlercesi hep birlikte gözü kara manevraları gerçekleştiriyor olsa bile! Muhtemelen yalnızca kuşların uçuşunda evrimleşmemiş olan aynı anda hem basit hem de işlevsel bir sistem. Gerçekten de köklerin çalışması üzerine en yaygın olarak kabul gören teorilerden biri, köklerin bir sürü ile aynı şekilde davrandığını öne sürmektedir.

Bu teoriye göre, her bir kök ucu etrafındaki kök uçları ile önceden belirlenmiş bir mesafeyi korur. Bu davranış, daha gelişmiş bir iradeye; yani her bir kök ucunun çalışmasını yönlendiren bir beyne ihtiyaç duymadan, başlı başına eş güdümlü büyümeye ve nitekim toprağın mümkün olan en iyi araştırma şekline olanak verir. Bilişsel işlemleri yöneten özelleşmiş bir organdan yoksun olan bitkiler, sürülere ve diğer pek çok canlılara özgü bir tür dağıtılmış zeka geliştirmiştir: Bir sürüyü oluşturan bireyler birlikteyken bireysel organizmalarda var olmayan sözde beliren davranışlar sergilerler.

Son yıllarda bu olgu, heyecan verici bulgularla sistematik bir

biçimde gözlemlenmiş ve çalışılmıştır. İnsanların bile, bir grup içerisinde başkalarıyla birlikte iken beliren davranış dinamiklerinden bazılarını devreye soktukları gösterilmiştir. Bunun klasik örneği tiyatroda alkışlayan binlerce insandır. Güncel çalışmalar, alkışın nasıl da başlangıçta senkronize olmadığını (her bir birey diğer herkesten bağımsız olarak alkışlamaya başlar) ancak birkaç saniye sonra tek tip bir ses ile sonuçlanana kadar senkronize olmaya meyilli olduğunu göstermiştir. Doğal olarak, bu eşzamanlılık kasti değildir ve beliren davranışın bir ifadesidir. Gözlemci şunları merak edebilir: Binlerce insan eşgüdümlü olarak ellerini çırpmayı nasıl başarıyorlar? Ritme kim karar veriyor ve diğerlerine takip edilecek ritmi kim söylüyor?

Beliren davranış modelleri, çok kalabalık kaldırımlarda birbirinin ayağına basmadan yürüme yeteneğinden borsa eğilimlerine kadar pek çok insan faaliyetini tanımlamak için kullanılmıştır. Düşünün; borsa bize dünya çapındaki ticaretin değerini anlatır, etkili bir biçimde politikaya egemendir ve bireysel geleceğimiz üzerinde gözle görülür etkiye sahiptir, üstelik hepsini merkezi kontrol olmaksızın yapar. Gerçekten de tüm işleyişi denetlemeye adanmış bir oluşum yok: yatırımcılar yalnızca kendi portföylerinde bulunan sınırlı sayıda şirketi biliyorlar ve basitçe market kurallarını takip ediyorlar. Sonuç olarak hisse alım satım davranışı yalnızca bireysel yatırımcıların etkileşiminden ortaya çıkıyor. Bir kök sistemindeki kök uçları veya kolonideki karıncalar gibi, kendi başlarına hiçbir anlamları yok, ancak birlikte inanılmaz kapasiteler geliştiriyorlar.

Bitkiler ve hayvanlar arasındaki benzerlikler de bu tür davranışları içeriyor ancak belirgin bir farkları var. Hayvan dünyasında koloniler büyük miktarlarda insanlar, memeliler, böcekler ya da kuşlarla oluşturuluyor. Ancak bitkilerde bu dinamikler aslında bir tek bitkinin içerisinde, köklerinde ortaya çıkıyor. Kısacası her bir bitki bir kolonidir!

Uzaylılar Burada (Dünya Dışı Zekayı Anlamak İçin Bir Model Olarak Bitki Zekası)

Bitki zekası çalışmaları genel olarak zeka üzerine araştırmala-

rın çok ilginç bir yönünü işaret eder; biz insanlar için bizden farklı düşünen canlı sistemlerini anlamamızın ne kadar da zor olduğunu. Gerçekten de yalnızca bizimkine çok benzer olan zekaları takdir ediyor gibi görünüyoruz.

Aynı tür sorunlar beyne sahip olmayan organizmalara – şu an için bitkileri hariç tutarsak – örneğin bakteri, protozoa ve küflere ilişkin zeka konuşulduğunda da su yüzüne çıkar. Bazıları (bakteri ve protozoa) yalnızca bir hücreden oluşacak kadar basit olmalarına rağmen, onlar da – eğer boyutları daha etkileyici olsaydı ve bir beyne sahip olsalardı – zeki kavramını kullanmaktan kaçınmayacağımız davranışlar sergilerler: Amipler labirentlerden çıkabilirlerken küfler insanlar tarafından icat edilmiş her türlü yazılımdan daha etkili bir şekilde bir bölgeyi ayrıntılarıyla planlayabilirler. Ancak bu organizmalarda da bitkilerde olduğu gibi, beyin önyargımız bizi herhangi tür bir düşünme kapasitesinin varlığını reddetmeye iter – bilimsel düşünceden çok gelenek ve önyargılara dayanıyor görünen bir tavır. Buna karşın bitki zekasının çalışılması insanlığın ilerlemesi için son derece önemli olabilir; aslında, kendi zihnimize farklı gözlerle bakmamızı sağlayabilir.

Diyelim ki bir gün zeki bir uzaylı yaşam formuyla temasa geçtik; acaba onunla iletişim kuramasak da en azından onu fark edebilecek miyiz? Muhtemelen hayır. Görünen o ki biz insanlar bizimkinden farklı akılları anlamaktan aciz, uzaylı zekaları aramaktansa kendi zekamızın daimi arayışı içinde, uzayda bir yerde kaybolmuşuz. Eğer uzaylı zeka formları gerçekten de varsa, bizden çok farklı organizmalar halinde evrimleşmişlerdir. Kimyaları bizimkinden farklı olacaktır ve çevrede bizim bildiklerimizden tamamen farklı bir şekilde ikamet edeceklerdir.

Evrimsel tarihimizin büyük kısmını paylaştığımız, aynı hücresel yapıya sahip olduğumuz, aynı çevrede yaşadığımız, aynı ihtiyaçlara sahip organizmalar olan bitkilerin zekasını bile algılayamıyorken, onları fark edebilmeyi nasıl umut edebiliriz? Kendimize örneğin şunu soralım: Başka bir gezegende ve bizimkinden tamamen farklı koşullarda gelişmiş bir zeka, neden bizim kullandığımız dalga olgusuna dayanan iletişim araçlarını kullansın? Ses, radyo ve televizyon iletişimlerinin hepsi aslında dalga

yayılımına dayanır. Diğer canlılar, bitkiler de aralarında olmak üzere, iletişim kurmak için bazıları kimyasal molekül üretimi üzerine kurulmuş farklı sistemler kullanır. Bunlar bilgi aktarımı için çok uygun, son derece etkili yöntemlerdir ancak kendi gezegenimizdeki sayısız tür tarafından kullanılmalarına rağmen onlar hakkında hala çok az şey biliyoruz!

Bitki zekasını bizim için tamamen bir uzaylı hale getirmek için tek gereken, bizden daha yavaş olmaları ve bizimkilere benzer özelleşmiş organlara sahip olmamalarıydı; bizden ışık yılları uzaklıkta doğmuş ve evrimleşmiş olduklarını hayal edin. Yine de özellikle bizden fiziksel ve genetiksel olarak farklı ama temelde bize çok yakın olduklarından, bitki organizmaları zeka çalışmaları için önemli bir model olabilir ve uzaylı zekası arayışımızdaki yaklaşımlarımızı ve yöntemlerimizi yeniden gözden geçirmemize yardım edebilir.

Bitkilerin Uykusu

Uyku, binlerce filozof ve araştırmacı, uykunun doğası hakkında araştırma yapmasına rağmen; bilimin büyük gizemlerinden biri olmaya devam ediyor. Aristoteles bu konu üzerine düşünen ilk kişiler arasındaydı:

> Uyku ve uyanıklık ile ilgili olarak, ne olduklarını değerlendirmek zorundayız; ruha mı yoksa bedene mi mahsus oldukları, yoksa ikisine ortak olup olmadıkları ve eğer ortak ise ruhun ya da bedenin hangi kısmına ait oldukları: dahası, ne sebeple hayvanların bir özelliği oldukları ve tüm hayvanların her ikisini de mi paylaştıkları yoksa bazılarının yalnızca birine, diğerlerinin sadece ötekine mi katıldıkları ya da bazılarının hiçbirine mi katılmadıkları ve bazılarının her ikisine de mi katıldıklarını sorgulamalıyız.

İki bin yıl sonra bu soruların çoğu hala cevaplanmamıştır.

Uykunun amacı nedir? Rüyaların doğası nedir ve nasıl işlev görürler? Aristoteles'den önce Yunan filozof Efes'li Heraklitos (Milattan önce yaklaşık 535- y. 475) şöyle demiştir: "İnsan, geceleri kendisi için bir ışık yakar," rüyalar bilinçaltımızın bazı kısımlarını göz önüne serdiğine göre, psikanaliz ile açıklanabilecek ve doğ-

rulanabilecek bir görüş. Bugün, uykunun öğrenme ve hafıza süreçlerini ve böylece beynin en muhteşem işlevlerini etkilediğini biliyoruz. Yüzyıllar boyunca bilim yalnızca insanların ve birkaç gelişmiş hayvanın uyuma kapasitesine sahip olduğuna inandı, ancak son zamanlarda bu seçilmiş gruba böcekler de katıldı. 2000 yılında *Drosophila melanogaster*, yaygın meyve sineğinin, bile uyuduğunun keşfi, hayvanlarda uyku çalışmasında bir devrim canlandırdı. Eğer en basit hayvan bile uyuma kapasitesine sahipse, uyku, yaşamın temel unsurlarından biri olarak kabul edilmek zorunda!

Ya bitkiler? Onlar da uyur mu? Bu yalnızca başıboş bir soru gibi görünüyor ve son yıllarda artan sayılarda bilim insanının dikkatini çekiyor. Özellikle, eğer bitkiler zeka ve düşünme kapasitesi ile donanmışsa, uyku bu özellikler ile ilgili bir eylem olabilir.

Bölüm 1'de bahsettiğimiz gibi, *Somnus Plantarum* 1755 yılında Carl Linne tarafından, belli bitkilerin yaprak ve dallarının geceleri aldığı farklı pozisyonları çalışmasının neticesinde yazılmış, az bilinen bir bilimsel eserin başlığıdır. Montpelier'den meşhur bir botanikçi olan François Boissier de Sauvages de Lacroix, Linne'ye çiçeğini çalışmak istediği *Lotus corniculatus* örneğini hediye olarak göndermişti. Akdeniz kıyılarından Uppsala'nın soğuğuna taşınan hassas bitkinin, yeni iklim koşullarına uyum sağlaması birkaç ayı buldu ancak bir Mayıs sabahı, serada daimi bakımın ardından sonunda çiçek açtı. Linne bu ilk sabah çiçeklerini gözlemledi ve öğleden sonranın geç vakitlerinde tekrar çiçeği görmeye gitti. Onu şaşkınlığa uğratarak, daha birkaç saat önce hayranlıkla izlediği çiçekler artık ortada yoktu. Onlara ne olmuştu? Ertesi sabah bitkiyi gözlemlemeye gittiğinde onları orada, son derece taze buldu. Gizem kısa sürede çözüldü: Linne'nin tanıklık ettiği olgu, günümüz botanikçilerinin "niktinasti" (Yunanca *nux* "gece" ve *nastos* "anlaşma" kelimelerinden) dediği çoğu bitkinin yaprak ve çiçeklerinin pozisyonlarını gündüzden geceye değiştirme kapasitesinin tipik bir örneğiydi. *Lotus corniculatus* bitkisinin durumunda Linne, akşam karanlığına yakın nilüferin uzanıp yapraklarını kaldırdığını ve yaprakları her bir grup çiçeğin etrafına getirdiğini, böylece çiçekleri en iyi gözlemci için bile gö-



Şekil 5-5a-f. Yapraklar gündüz ve gece evrelerinde. Sol üstten: Desmodium gyrans (Codariocalyx motorius), Lotus creticus, Cassia pubescens, Cassia corymbosa, Nicotiana glauca, Marsilea quadrifoliata.

rünmez hale getirdiğini fark etti. Aynı zamanda çiçek durumu sapları hafifçe eğiliyor ve çiçek sapları yere doğru bükülüyordu. Böylece Linne sözde bitkilerin uykusu ile ilgilenmeye başladı, bu da onu bir "çiçek saati" planlamaya itti; birinin basitçe bitkilerin davranışını gözlemleyerek saati söyleyebileceği bir bahçe.

Aslında, bitkilerin günlük hareketleri ile ilgili ilk gözlemler Linne'nin zamanından uzun zaman önce gerçekleşmişti, Antik Yunan'da. Milattan önce dördüncü yüzyılda Büyük İskender'in katibi Androsthenes, demirhindi bitkisinin yapraklarının gündüz açık ve gece kapalı durduğunu fark etmişti. Benzer gözlemler, farklı zaman ve mekanlardan botanikçilerin yazmalarında sıklıkla görülür. 1260 yılında Albertus Magnus (yaklaşık 1193-1280) *De vegetalibus et plantis* (Sebzeler ve Bitkiler Üzerine) adlı eserinde bazı baklagillerin pinnat yapraklarının günlük periyodik hareketlerini tarif ederken, 1686'da John Ray (1627-1705) *Historia Plantarum* (Bitkilerin Tarihi) eserinde bitkilerde gündüz ve gece arasındaki "fitodinamik" olgusundan ilk kez bahsetmişti.

1729'da Jean-Jacques d'Ortous de Mairan (1678-1771) küstümotu bitkilerinin yaklaşık her 24 saatte yapraklarını açıp kapatmalarını inceleyerek, küstümotunda yaprakların bu hareketini kontrol eden bir çeşit içsel saat olması gerektiği sonucuna varmıştı. Yani, bitkilerde uyku Linne'den önce farklı zamanlarda gözlemlenmişti, ancak konuyu sistematik bir şekilde çalıştığından Linne övgüyü hak ediyor. Linne, bitkilerdeki bu davranış için herhangi bir açıklama vermemiştir, ancak yaprakların hareketine sebep olanın temelde sıcaklık değil, ışık olduğunu tahmin etmiştir. Bunun yerine kendisini bu olguyu gösteren tüm bitkileri sınıflamakla sınırlamış ve gece pozisyonlarını "bitkilerin uykusu" olarak adlandırmıştır.

Son yıllarda yapılan girişimlerin aksine, Linne bitkilerin uykusuna metaforik bir şekilde yaklaşmaktansa, bu davranışı tamamen hayvanların uyuması ile benzer bir olgu olarak görmüştür. Örneğin bitkiler geceleyin pozisyon değiştirir. Bu hareket meşe, zeytin ağacı ve defne gibi derimsi yapıdaki yapraklara sahip türlerde kolayca ayırt edilebilir değildir, ancak daha ince yapılı yapraklara sahip türlerde açıkça görülebilirdir. Hayvanlar gibi, bitkiler de

gece dinlenmeleri için türden türe farklılık gösteren bir pozisyon takınırlar. Tıpkı ördeğin kafasını kanadının altına saklaması, öküzün yan tarafına yatması ve kirpinin top halinde kıvrılması gibi, ıspanak bitkisi yapraklarını gövdenin üst ucuna doğru dikleştirir ve camgüzeli ile fasulye yapraklarını aşağı eğer; yoncalar Linne'nin çalıştığı *Lotus corniculatus* gibi yapraklarını çiçeklerin etrafına toplarken akrabaları acıbaklalar yapraklarını aşağı doğru çevirir; yaprakları üç adet kalp şeklinde yaprakçıktan oluşan ekşiyoncalar her birini ortadan katlayarak yaprak sapının ucundan aşağı sarkıtırlar. Gece ortaya çıkan pozisyonlardaki bu çeşitlilik genel bir kuralı takip eder: Yapraklar aslında çimlenme sırasında sahip oldukları aynı pozisyonu geceleri de takınma ortak eğilimini gösterirler. Yani bir bitkide yaprak bir silindir şekline yuvarlanır; bir başkasında yelpaze gibi katlanır; bir üçüncüsünde orta damar boyunca ikiye katlanır; ancak genel olarak her biri kendisini geceleri büyümesinin ilk evrelerindeki şekilde yerleştirmeye meyleder.

Ancak, hayvanlarla olan benzerlikler burada bitmiyor. Bitki dünyasında da, örneğin uyuma eğilimi gençlikte daha fazlayken, bitki yaşlandıkça uyanıklık süresi artar ve uykuya geçme az çok zorlaşır: bu bağlamda, bitkinin davranışı hayvanlarınkiyle (ve insanlarla!) tamamen aynıdır. Bazı bitkiler için uykuya eğilimin azaldığı ve yaprakların gece pozisyonlarını almalarına neden olan tetikleyicilere giderek daha az cevap verdikleri bir zaman gelir. Fakat hangi nedenden ötürü yapraklar gündüz açılıp geceleri kapanır ve hangi olaylar bitkilerde uykuyu ve uyanıklığı tetikler? Bu soruların henüz cevapları yok ancak araştırma devam ettikçe bitkiler, bu önemli biyolojik işlevin mekanizmaları bozukluklarını araştırmak için bilim insanlarına genetik bir araç sağlayarak uyku çalışmaları için model olarak kullanılabilir.

Notlar

Bitkilerde uyku üzerine Aristoteles'den daha önce alıntılanmış "On Sleep", "On Dreams" ve "On Divination in Sleep" eserlerine ek olarak, bakınız:

- D'Ortous de Mairan, J. J. *Observation Botanique*. Paris: Histoire de l'Académie Royale des Sciences, 1729.

- Ray, J. Historia Plantarum: *Species hactenus editas aliasque insuper multas*

noviter inventas & desciptas complectens. London: Mariae Clark, 1686-1704.

Drosophila melanogaster uykusu ile ilgili daha fazla araştırma için:

- Shaw, P. J. et al. "Correlates of Sleep and Waking in Drosophila melanogaster" *Science 287* no. 5459 (2000) : 1834-37. www.sciencemag.org/content/287/5459/1834.abstract. doi:10.1126/science.287.5459.1834

Küflerin etkili şebekeler oluşturma yetenekleri hakkında bilgi almak için aşağıdaki makale son derece faydalıdır:

- Tero, A. et al. "Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design." *Science 327* no. 5964 (2010): 439-42. doi: 10.1126/science.1177894.

İşte özeti:

> Ulaştırma şebekeleri hem sosyal hem de biyolojik sistemlerde yaygındır. Güçlü şebeke performansı karmaşık takas içeren bir maliyeti, ulaştırma etkinliğini ve hata toleransını içerir. Biyolojik şebekeler pek çok evrimsel seçilim baskısı döngüsü tarafından törpülenmiştir ve benzer kombinatoryal optimizasyon problemlerine mantıklı çözümler sağlaması muhtemeldir. Bunun yanında merkezi denetim olmadan gelişmişlerdir ve genel olarak şebekelerin büyütülmesi için kolaylıkla yeniden şekillendirilebilir çözümler sunabilirler. Physarum polycephalum cıvık mantarının kıyaslanabilir etkinlik, hata toleransı ve gerçek-dünya altyapı şebekelerindekine- bizim durumumuzda Tokyo demiryolu sistemine- benzer maliyette şebekeler oluşturduklarını gösterdik. Uyarlanabilir şebeke oluşturulması için gerekli olan çekirdek mekanizmalar, diğer alanlarda şebeke oluşturulmasımn yönlendirilmesinde faydalı olabilecek, biyolojinin ilham verdiği matematiksel modellerle yakalanabilir.

Amip ve onun labirent çözme yeteneği için özellikle aşağıdaki makaleye bakınız:

- Nakagaki, T., H. Yamada, A. Toth. "Maze-Solving by an Amoeboid Organism." *Nature 407* (2000): 407. Doi: 10.1038/35035159.

Zeka teriminin bitkilere uygulanmasındaki kullanımı için, bakınız:

- Trewavas, A. "Aspects of Plant Intelligence" *Annals of Botany 92*, no.1 (2003): 1-20.

Bir çeşit giriş olması için işte özeti:

> Bitkiler söz konusu olduğunda zeka çok sık kullanılan bir terim değildir. Ancak, bu eksikliğin bitkilerin çevrelerindeki karmaşık halleri hesaplama yeteneğinin doğru bir değerlendirmesine değil, aksine yalnızca durağan

hayat tarzının bir yansımasına dayandığına inanıyorum. Tartışmalı olduğu kabul edilen bu makale, bu alanı çevreleyen pek çok konuyu ileri sürme girişiminde bulunuyor. Bitki davranışına ilişkin zeka teriminin kullanılmaya başlanması, bitki sinyal iletiminin karmaşıklığının ve bitkilerin çevrelerinin görüntülerini oluşturduğu ayrım ve hassasiyetinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak ve bütün-bitki seviyesinde bitkilerin yanıtları nasıl hesapladığı ile ilgili kritik soruları gündeme getirecektir. Bitkilerde öğrenme ve hafızaya yönelik araştırmalar da gelecekte göz önüne alınacaktır.

Aynı yazar bir başka makalesinde bitkilerin "zeki organizmaların bir prototipi" olarak değerlendirilmesini önermiştir:

- Trewavas, A. "Plant Intelligence" *Naturwissenschaften 92* (2005): 401-13. doi: 10.1007/s00114-005-0014-9.

Makalenin özeti aşağıda verilmiştir:

Zeki davranış, organizmaların değişken çevresel şartlarla başa çıkabilmeleri için evrimleşmiş karmaşık uyarlanabilir bir fenomendir. Uygunluğu en üst seviyeye çıkartmak, rekabetin yoğun olduğu ortamlarda gerekli kaynakları (besin) arayış becerileri gerektirir ve muhtemelen zeki davranışın en kolay görülebildiği etkinliktir. Biyologlar zekanın detaylı duyusal algı, bilgi işleme, öğrenme, hafıza, seçim, en az giderle kaynak ayırma optimizasyonu, kendinin farkında olma ve öngörücü modelleme ile ileri görüşlülüğün karakteristiklerini kapsadığını önerir. Tüm bu özellikler tekerrür eden ve yeni gelişen durumlarda sorun çözebilme kapasitesi ile ilgilidir. Burada özgün bitki türlerinin tüm bu zeki davranış yeteneklerini, hareket ile değil fenotipik esneklik yoluyla gösterdiği kanıtını inceliyorum. Bunun yanında bu zeki özelliklerin çoğunluğu kaynaklar için rekabetçi bir arayış içinde tespit edilmiştir. Bu nedenle bitkiler, tüm bitki iletişimi, hesaplaması ve sinyal iletimi araştırmalarında kayda değer sonuçlara sahip bir kavram olan prototipik zeki organizmalar olarak kabul edilmelidir.

Yine bitki zekası konusu ile ilgili, bakınız:

- Calvo Garzon, P., F. Keijzer. "Plants: Adaptive Behavior, Root-Brains, and Minimal Cognition." *Adaptive Behavior 19* (2011): 155. doi: 10.1177/1059712311409446

Makale, "kök beyinleri" ve köklerde yerleşmiş komuta merkezlerini tartışarak, bitkilerde belli bir seviyede zihinsel kapasite olduğunu kabul ediyor. Yazarlar şöyle yazmış:

Bitki zekası, hayvan ve insan uyumlayıcı davranışı alanında büyük oranda

fark edilmeden kalmıştır. Bu bağlamda, bitki zekası üzerine yapılmış olan güncel çalışmaları konuyla ilgili bir dizi dikkate değer yeni fenomen olarak sunacağız ve aynı zamanda bunun uyumlayıcı davranış çalışmasına olan potansiyel ilgisini daha genel olarak tartışacağız. Daha belirgin bir biçimde, bitkilerin hareket eden varlıklar olduğu fikrine biraz şekil vermek için ilk olarak bitkilerdeki uyumlayıcı davranışın kısa bir genel taslağını vereceğiz. İkinci olarak, "bitki nörobiyolojisine" yoğunlaşacağız ve Darwin'in yeniden gündeme gelen, bitkilerin kök uçları arasında dağılmış davranış için bir kontrol merkezi (bir kök-beyin) olduğu fikrini tanıtacağız. Bunun ardından bilişselliğin minimal formlarını tartışacağız ve kendiliğinden hareket etme ve özel bir duyu-devinimsel organizasyona sahip olmayı minimal bilişselliğin alanını belirlemek için anahtar özellikler olarak değerlendireceğiz. Bitkilerin minimal düzeyde bilişsel oldukları sonucuna varacak ve bitki zekasının uyumlayıcı davranış çalışmalarına ve bilişsel bilime sağlayacağı bazı olası sonuç ve zorlukları daha genel olarak tartışarak bitireceğiz.

10 Nisan 1882'de Charlas Darwin bilinen en son mektubunu yazmıştır; tamamen bitkilere adanmış bir mektup, neredeyse, botanik tutkusu tarafından yönetilen bir hayatı -kendi hayatını- mühürlemek istemiş gibi. Alıcı James E. Todd idi, o zamanlar Iowa'daki Tabor Koleji'nde doğa bilimleri profesörüydü. Mektubun kısalığını göz önüne alarak, burada bütünüyle aktarıyoruz. (Darwin'in orijinal, el yazması mektubunun bütünlüğünün korunması için her tür çaba gösterilmiştir. Kısaltmalar korunmuştur. İtalik ve kalın yazılmış kelimeler orijinalinde altları çizilmiş kelimeleri ve söz gruplarını temsil etmesi için kullanılmıştır.)

Sayın Beyefendi,
Bir yabancı olarak sizden bir istek dileme küstahlığını affedeceğinizi umuyorum. American Naturalist'teki Solanum rostratum çiçeklerinin yapısı ile ilgili son derece ilginç olan makalenizi olağandışı bir ilgiyle okudum & çiçekleri görme zevkine erişebilmem ve onlar üzerinde deney yapabilmem için bana küçük bir kutuda biraz tohum gönderebilirseniz (tohumları ne zaman ekeceğimi bilebilmem adına bitkinin tek yıllık olup olmadığını da yazarak) minnettar olurum. Fakat eğer onlar üzerinde deney yapma niyetiniz varsa, çalışmanıza herhangi bir şekilde engel olmayı asla istemeyeceğimden elbette tohumları bana göndermeyiniz. Aynı zamanda Cassia chamaecrista çiçeklerine bakmayı da tercih edebilirim. Uzun yıllar önce uzaktan benzeşen bir vakada bazı deneyler araştırdım ve bu yıl başkalarını deniyorum. Yaptığım şeyi Dr. Fritz Müller'e (Blumenau, Sta. Catharina, Brezilya) açıkladım ve bana, farklı renklerde iki

takım anter üreten belli bitkilerde arıların poleni anterlerin 'yalnızca' bir takımından topladığını düşündüğünü söylemişti. Bu nedenle, eğer kendisine gönderebileceğiniz fazladan bir kopyanız varsa, o da sizin çalışmanızı çok ilgi çekici bulacaktır. Sanıyorum, fakat hafızam artık beni sıklıkla yanıltıyor, kendisinin Kosmos'ta bu konuda bir yayını vardı.
Beni affedeceğinizi ummayı sürdürüyorum, Saygıdeğer beyefendi
Saygılarımla
Ch. Darwin
Not: Orkidelerin Fertilizasyonu üzerine olan küçük kitabımda, Mormodes ignea altında, lateral asimetrik bir çiçek hakkında bir açıklama ve sağlak ya da solak çiçek adını verdiklerim hakkında ne düşündüğümü bulabilirsiniz.

Tek bir kök sisteminin muazzam karmaşıklığı hakkında bir fikir sahibi olmak için:

- Dittmer, H. J. "Quantitative Study of the Roots and Root Hairs of a Winter Rye Plant (Secale cereale)" *American Journal of Botany 24*, no.7 (1937): 417-20.

Kök ucu ile ilgili derinlemesine bir irdeleme için şu güncel makaleye bakınız:

- --Baluska, F., S. Mancuso, D. Volkmann, P. W. Barlow "Root Apex Transition Zone: A Signalling-Response Nexus in the Root" *Trends in Plant Science 15*, no. 7 (2010): 402-8.

Kökün elektriksel aktivitesinin güncel bir çalışması şu makalede verilmiştir:

- Masi, E. et al. "Spatiotemporal Dynamics of the Electrical Network Activity in the Root Apex." *PNAS (Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America) 106*, no. 10 (2009): 4048-53.

Beliren davranışlar konusu üzerine yüzlerce kitap basılmıştır ve çoğu da gerçekten temeldir. Bu büyüleyici konuyu keşfetmek için biz aşağıdakileri öneriyoruz:

- Johnson, S. Emergence: *The Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software.* New York: Scribner, 2001.
- Wolfram, S. *A New Kind of Science.* Champaign, IL: Wolfram Media, 2002.
- Morowitz, H. J. *The Emergence of Everything: How the World Became Complex.* Oxford: Oxford University Press, 2002.

Kolonilerin davranışı ve kök sistemlerinin gelişen özellikleri ile ilgili, bakınız:

- Ciszak, M. et al. "Swarming Behavior in the Plant Roots." *PLoS ONE 7*, no.1 (2012). doi: 10.1371/journal.pone.0029759.
- Baluska, F., S. Lev-Yadun, S. Mancuso. "Swarm Intelligence in Plant Roots" *Trends in Ecology and Evolution 25* (2010): 682-83.

SONUÇ

Bitkileri düşündüğümüz zaman akla içgüdüsel olarak iki özellik gelir: Hareketsizlik ve algısızlık. Bunlar yalnızca öylesine özellikler değil, çok belirli özelliklerdir ve bitki dünyasını değerlendirmemizi büyük oranda belirlerler. Gelgelelim yüzlerce yıldır düşündüğümüzün aksine bunlar bitkilerin tabiatında olan özellikler değil, Aristoteles ile başlamış olan basit ve dayanıklı bir kültürel kurgudur. Onun görüşünde bitki dünyası, Aristoteles için "devinimsel prensip" demek olan ve böylece doğrudan hareket prensibine bağlanan *anima* kavramından yoksun olduğundan hayvan dünyasının "bir alt seviye"sindedir. Kendiliğinden hareket etme kapasitesi canlıları cansızlardan ayırır: Yani, çok az hareket eden bitkiler hayat ile hayat dışı arasındaki sınır çizgidedir.

Bitkilerin hayvanlardan tamamen farklı olduğu düşüncesi ancak on dokuzuncu yüzyılın sonunda hükmünü kaybetmeye başladı ve hala da oldukça hakim bir düşünce. Bugün, buna rağmen, en azından bilimsel düzeyde bitkilerle hayvanlar arasındaki farkın niteliksel değil niceliksel olduğu açıktır. Hayvanlar, bitkiler tarafından üretilen madde ve enerjiyi kullanırlar. Bitkilere gelince, onlar kendi ihtiyaçlarını karşılamak için güneş enerjisini kullanırlar. Bu yüzden hayvanlar bitkilere, bitkiler güneşe bağımlıdır.

Bu gözlem bizi bitki yaşamının daha genel bir kavramına ve bitkilerin biyosferdeki rolünü anlamaya getirir; bitkiler, güneş ile

hayvan dünyası arasındaki aracıdırlar. Bitkiler – ya da daha çok bitkilerin en tipik hücresel organelleri olan kloroplastlar- tüm organik dünyanın faaliyetleri (bunun anlamı yaşam dediğimiz her şeydir) ile güneş sistemimizin enerji merkezini bağlayan halkadır. Bu yüzden bitkilerin gezegenimiz üzerindeki yaşam için evrensel bir işlevi vardır. Hayvanların ise yoktur.

Bitki dünyası ile ilgili en son çalışmalar, bitkilerin duyarlı (ve bu nedenle duyularla donanmış) olduğunu, iletişim kurduklarını (birbirleriyle ve hayvanlarla), uyuduğunu, hatırladığını ve hatta diğer türleri yönlendirebildiğini göstermiştir. Nereden bakılırsa bakılsın, zeki olarak tanımlanabilirler. Kökler sayısız komuta merkezi ile sürekli gelişen bir ağ oluştururlar, böylece tüm kök sistemi, bitki büyüyüp gelişirken beslenmesi ve hayatta kalması için önemli olan bilgiyi elde eden bir çeşit kolektif beyin- ya da daha çok dağıtılmış zeka- gibi bitkiyi yönlendirir.

Bitki biyolojisindeki son gelişmeler bitkileri, çevrelerinden toplanan bilgileri elde etmek, saklamak, paylaşmak, işlemek ve kullanmak kapasiteleri kanıtlanmış organizmalar olarak çalışmamıza olanak sağlamıştır. Bu zeki yaratıkların bilgiyi nasıl elde ettikleri ve tutarlı davranışlarla sonuçlanacak şekilde değerlendirdikleri bitki nörobiyolojisinin ilgi alanıdır.

Bitkilerin iletişim ve sosyalleşme sistemlerini çalışan araştırmacılar şimdi, yeni ve daha önce hayal edilmemiş teknolojik uygulamalar gelişeceğini ufukta görüyor. Bir süredir bitkiden esinlenmiş robotlardan konuşuluyor- gerçek bir plantoid nesli, yakında insandan esinlenilmiş (android denilen) robotları ve hayvandan esinlenilen robotları robotik evrimsel zincirde takip etmeye yazgılı. Bitkileri ekolojik denetim panoları olarak kullanma kapasitesine sahip ve kökler ile yapraklar tarafından sürekli olarak gözlenen parametreleri gerçek zamanlı olarak internet üzerinden erişilebilir kılan bitki temelli bir ağ kurulması için planlar da yolda; bu türden bir ağa "Greenternet" adını verdik. Yakında bitki interneti hepimiz için günlük yaşamın bir parçası haline gelebilir; böylece yaklaşan bir zehirli bulutun erken uyarısını, havamız ve toprağımızın kalitesi hakkında bilgiyi, gerçekleşmek üzere olan deprem ve çığların haberlerini alabileceğiz. Şimdi de çalışmalar arasında *fitobilgisayar* tasarımı; bitkilerin yetenek ve hesaplama

sistemlerini temel alan yeni algoritmalar kullanan bilgisayarlar ("alışılmamış programlama") var.

Robotik ve bilişim bilimlerine ilham kaynağı olmanın ötesinde, bitki alemi en yaygın teknolojik sorunlarımızın çoğuna sayısız yenilikçi çözüm sunabilir. *Biyoinspirasyon*, ya da yeni teknolojik uygulamalar icat etmek için yaşayanların dünyasında itici gücü bulma, yüzyıllar önce doğmuştur (örneğin Leonardo'nun kuşların uçuşundan esinlenilmiş uçan makineler üzerine çalışmalarını düşünün). Gözlerimiz uzun zamandır hayvanlar krallığında (bize en yakın olan alemde) sabitlenmişti ve ancak yakın zamanda, bir gün –diğer bulabileceklerimizin yanında- insanlığın en ciddi hastalıklarına tedavi, yeni temiz enerji şekilleri, insan yapımı malzemelerde yenilik için fırsatlar ile kimyasal ve biyolojik dünyada haddi hesabı olmayan keşfedilmemiş olasılıklar bulabileceğimiz, bitki alemindeki gizli hazineleri fark etmeye başladı.

Şüphesiz, bitki alemi yalnızca gezegenimizdeki yaşam için esas unsur değil, aynı zamanda insanlara ve zekamıza büyük bir armağandır; sıklıkla düşüncesizce kenara attığımız bir armağan. İnsanların Dünyada var olan bitki türlerinin ancak yüzde 5 ila 10 kadarını tanıdığı tahmin edilmektedir ve bunlardan en önemli ilaçlarımızın tamamının yüzde 95'ini elde ediyoruz. Her yıl, hakkında hiçbir şey bilmediğimiz binlerce türün soyu tükeniyor ve insanlığa sunulan sayısız armağan da onlarla birlikte kayboluyor. Belki de bitkilerin algıladığını, iletişim kurduğunu, hatırladığını, öğrendiğini ve sorunları çözdüğünü bilmek bir gün onları kendimize daha yakın görmemize yardımcı olur ve onları daha etkili bir şekilde çalışmamıza ve korumamıza da olanak sağlar.

Son yıllarda toplanan bilimsel kanıtlar göz önüne alındığında, 1998 yılında Swiss Federal Assembly tarafından kurulan İnsan Olmayan Biyoteknoloji Birleşik Etik Kurulu (Federal Ethics Committee on Non-Human Biotechnology – ECNH) 2008 yılının sonunda *Bitkiler Açısından Canlı Varlıkların Onuru: Kendi İyilikleri İçin Bitkilerin Ahlaki Olarak Değerlendirilmesi* başlıklı bir belge yayınlaması şaşırtıcı değildir. Bitkiler için talep edilmesi zorlama gibi görünebilirse de insan tarihine damgasını vuran bir kavramdır; bitkilerin onuruna yapılan atıf, insan çıkarlarından bağımsız olarak, onların haklarının tanınması yönünde atılan ilk adım ola-

rak görülebilir. Bitkilere saygı duyulması gerektiğini ve biz insanların onlarla ilgili olarak sorumluluklarımız olduğunu ifade ediyor. Eğer bu varlıkları önemsiz şeyler, ezberden bir programı gerçekleştiren pasif makineler olarak görürsek, yalnızca ilgimizi ve ihtiyaçlarımızı karşıladığı kadarıyla önemli görürsek, elbette onur gibi bir sıfat anlamsız görünür. Fakat eğer bitkiler aktif, uyum sağlayabilen, aslında öznel algılama yapabilir ve hepsinden öte bizden tamamen bağımsız bir şekilde yaşama sahip olabiliyorlarsa, bu durumda onur kavramının onları da kapsadığını kabul etmek için mükemmel sebepler var demektir.

Yirminci yüzyılın başında, ilk modern Hint bilim insanlarından biri ve modern Hint tarihinde efsanevi bir figür olan Jagadish Chandra Bose (1858-1937), bitkiler ve hayvanlar arasındaki temel benzerliğin savunucusu, şöyle yazmıştı: "... Bu ağaçların bizimki gibi bir hayatı var ... Besleniyorlar ve büyüyorlar... fakirlik, keder ve ıstıraba katlanıyorlar. Bu fakirlik onları çalmaya ve yağmalamaya kışkırtabiliyor, [ancak] aynı zamanda birbirlerine yardım ediyor, arkadaşlık kuruyor, hayatlarını çocukları için feda edebiliyorlar."

Bitkilerle ilgili pek çok konu hala tartışmalı ve çoğu hala keşfedilmeyi bekliyor. Ancak şu konuda İsviçre Biyoetik Kurulu – ahlak filozofları, moleküler biyologlar, doğa bilimciler ve ekologlar- oybirliği ile mutabık kalmış: Bitkilere keyfi olarak davranılamaz. Gelişigüzel tahribatları ahlaki olarak haksızlıktır.

Bitkilerin haklara sahip olduğunun kabul edilmesinin kullanımlarının azaltılması ya da kısıtlanması anlamına gelmek zorunda olmadığı da belirtilmelidir. Tıpkı hayvanların onurunun tanınmasının onların besin zincirinden çıkartılması ya da tamamen deneylerin yasaklanması anlamına gelmemesi gibi.

Yüzyıllar boyunca, hayvanlar da düşünmeyen makineler olarak ele alınmıştır. Ancak geçtiğimiz birkaç on yılda onlara hak, onur ve saygı temin etmeye başladık: Hayvanlar artık "şey" değil. Bakış açısındaki bu değişiklik, neredeyse tüm gelişmiş ulusların hayvanların onurunu korumaya ve savunmaya yönelik yönetmelikler çıkarmasına sebep oldu. Bitkiler için böyle bir şey hala yok. Bitkilerin haklarının tartışılması yalnızca bir başlangıç ancak daha fazla ertelenemez.

SON



Bitkilerin gayet zeki olduğu ve iletişim kurabildiği bir gezegen hayal edin.

Bu hayali gezegende bitkiler kendi aralarında bilgi alışverişi yapabiliyor. Köklerinden en tepesindeki yaprağa kadar her türlü bilgiyi aktarabiliyor. Çevresinde kendi türünden olanlarla diğerlerini ayırabiliyor. Tuzak kurarak avlanabiliyor. İklim geçişlerine, kuraklığa ya da aşırı yağmurlara karşı tedbir alabiliyor.

Daha da ileri gidip, diğer bitkilerle ve bazı hayvanlarla ağ kurabiliyorlar. Kendilerini korumak ve otçullardan sakınmak için, başka canlılardan yardım alabiliyorlar. Üremek için işbirliği geliştirebiliyorlar.

Bu sessiz, pasif ve savunmasız gözüken bitkilerin en küçük kök solucanından insanlara kadar, etraflarındaki herkesi yönlendirerek ve onlarla iletişime geçerek yaşamlarını organize ettiği bir gezegen hayal edebiliyor musunuz? Boşuna uğraşmayın, bu gezegen zaten var: Dünya'ya hoş geldiniz.

Bu kitapta yazılanları bize çok önce öğretilmiş bilgilerle anlamamız imkansız. Yeni bir perspektif ve zarif bir bakış açısıyla bilindik bitkilere yönelik bütün yargılarınız temelden sarsılabilir. Dünyanın her yanında ses getirmeye aday bu yepyeni kitap, şimdiden pek çok dergiye kapak oldu ve insanlık bir kez daha doğru bildiklerini kenara itmek zorunda kalacak gibi.

"Birkaç saatliğine alışık olduğunuz insan merkezciliğinizi bir kenara bırakın. Daha zengin ve daha muhteşem diğer dünyaya adım atın. Pişman olmayacaksınız ve bu yeni dünyadan asla eskisi gibi çıkamayacaksınız."

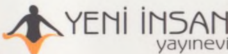
Michael Pollan, yazar



www.yeniinsanyayinevi.com

₺16,00

bitki zekası
ekoloji kitaplığı
stefano mancuso, alessandra viola



ISBN 978-975-2498-04-4



 yeniinsanyayinevi  yeniinsanyayinevi  yeninsanyayin